

Атлас

Онежское озеро



ВОО Русское географическое общество
Отделение РГО в Республике Карелия
Учреждение Российской академии наук
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО

АТЛАС

Петрозаводск
2010

УДК (282.247.211)(084.4)
ББК 26.22.6яб(2Рос. Кар.)
О-58

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

чл.-корр. РАН Н.Н. Филатов

Члены редакционной коллегии

*д.б.н. Н.М. Калинкина, к.б.н. В.И. Кухарев, с.н.с. А.В. Литвиненко, д.х.н. П.А. Лозовик,
д.б.н. А.А. Лукин, к.г.н. Л.Е. Назарова, к.т.н. А.Ю. Тержевик, к.б.н. Т.М. Тимакова,
д.г.-м.н. Н.В. Шаров, д.г.-м.н. В.В. Щипцов*

РЕЦЕНЗЕНТЫ

В.Ю. Ландграф, А.М. Шредерс

*Атлас издан при финансовой поддержке гранта
ВОО «Русское географическое общество» за 2010 г.
«Историко-географические памятники Европейского Севера»*

О-58 **Онежское озеро. Атлас** / Отв. ред. Н.Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.

ISBN 978-5-9274-0432-2

В Атласе представлены результаты многолетних комплексных исследований Онежского озера, выполненных в рамках программ Отделения наук о Земле РАН, Институтом водных проблем Севера Карельского научного центра РАН при участии Института геологии КарНЦ РАН и Института озераедения РАН. В качестве прототипа был выбран атлас Ладожского озера (Ладожское озеро, 2002). В Атласе представлены схемы, диаграммы, графики, профили и тексты, которые показывают особенности формирования котловины озера и водосбора, современное состояние климата на водосборе, гидрологических и гидрофизических процессов и явлений, биоты и гидрохимических особенностей озера и водных объектов водосбора, а также донных отложений. Последняя глава Атласа, подготовленная по гранту РГО, посвящена памятникам природы, культуры и истории. Большое внимание уделено практическому использованию вод озера, водному хозяйству, а также рекреационным особенностям озера и водосбора. Материалы Атласа представляют интерес для практического использования ресурсов озера и водосбора, а также научных и учебных целей.

подавляющее число статей написано сотрудниками ИВПС КарНЦ РАН, поэтому после фамилии автора не приводится название института. В статьях Атласа, написанных не сотрудниками Института водных проблем Севера КарНЦ РАН, дано название организации, в которой работает автор.

УДК (282.247.211)(084.4)
ББК 26.22.6яб(2Рос. Кар.)

ISBN 978-5-9274-0432-2

© ВОО «Русское географическое общество», 2010
© Отделение РГО в Республике Карелия, 2010
© Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
История исследований озера	7
История освоения и картирования озера	9
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ГЕОЛОГИЯ	15
Общая характеристика озера	15
Онежское озеро среди крупнейших озер Европы	17
Топографические характеристики водосбора Онежского озера по спутниковым данным ..	19
Политико-административное деление водосбора Онежского озера	21
Границы водосбора Онежского озера	22
Морфометрические характеристики озера	23
Рельеф дна озера	24
Схема продольного и поперечного профилей дна	25
Схема глубинно-зонального районирования акватории Онежского озера	25
Лимнические зоны	26
Этапы развития котловины Онежского озера	27
Четвертичные отложения	29
Гляциоизостатические поднятия побережий и изменения уровней в поздне- и по- слеледниковье	30
Схема поднятия берегов Онежского озера	31
Условия формирования эколого-геологической обстановки	32
Схема геологического строения	34
Схема размещения месторождений полезных ископаемых	36
Описание месторождений полезных ископаемых	37
Схема глубинного строения	40
Аномалии магнитного поля	41
Гравитационные аномалии	41
Мощность земной коры и коромантийного переходного слоя	42
Сейсмоакустические разрезы профилей 19, 7 и 5 (центральная и южная части озера)	43
Стратиграфия и литология донных отложений	44
Биостратиграфия донных отложений Онежского озера	45
Гидрогеохимическая схема водосборной площади	45
ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОФИЗИКА, КЛИМАТ	47
Гидрография и водный режим водосбора	47
Гидрографическая структура бассейна Онежского озера	48
Структура многолетнего водного баланса	49
Уровненный режим и водный баланс	49
Ледовый режим	50
Схема развития ледовых процессов при средних метеорологических условиях	51
Зависимость ледовитости акватории Онежского озера от суммы температур воздуха	52
Средние за многолетний период даты ледовых явлений	53
Продолжительность безледоставного периода	53
Прозрачность воды (в метрах) по диску Секки	53
Элементы теплового баланса	54
Термический режим	55
Волны на поверхности озера	67
Сгонно-нагонные колебания уровня	69

Сейши	69
Течения	70
Прибрежный апвеллинг	73
Внутренние волны	74
Климат	75
Карта-схема климата Карелии	77
Среднее многолетнее распределение температуры воздуха над поверхностью озера (1961–1990 гг.)	78
Среднегодовые значения температуры приземного слоя атмосферы по ст. Петрозаводск	80
Внутригодовое распределение суммы измеренных атмосферных осадков (1961–2000 гг.)	80
Среднемноголетние розы повторяемости направлений и скорости ветра за 1961–1990 гг. в районе Онежского озера.	81
ГИДРОХИМИЯ И ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ	82
Общая характеристика	82
Гидрохимия вод	83
Распределение суммы ионов в водах озера	83
Фосфор	84
Азот	87
Органический углерод	89
Перманганатная окисляемость и величина цветности воды	91
Кислород	92
Распределение величины рН по разрезу А–А	93
Распределение хлорофилла «а» в поверхностном слое	94
Минеральный растворенный кремний	94
Микроэлементы	96
Загрязняющие вещества	98
Взвешенные вещества	99
Донные отложения	100
Классификация водных объектов бассейна Онежского озера по химическим показателям	105
Распределение водных объектов бассейна Онежского озера по природному качеству вод	106
Распределение водных объектов бассейна Онежского озера по щелочности	107
Распределение водных объектов бассейна Онежского озера по гумусности	108
Распределение водных объектов бассейна Онежского озера по уровню трофии	109
ГИДРОБИОЛОГИЯ	110
Общая характеристика	110
Фитопланктон	111
Первичная продукция фитопланктона	112
Бактериопланктон	115
Зоопланктон	117
Макрозообентос	119
Высшая водная растительность	122
Рыбы	124
Гидробиология Кондопожской губы	126
Гидробиология Петрозаводской губы	130
ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО	132
Общее описание	132
Водопотребление по основным гидрографическим районам (без промузлов) – объем и структура	135

Водопотребление по промышленным узлам – объем и структура	135
Водоотведение по основным гидрографическим районам (без промузлов) – объем и степень очистки	136
Водоотведение по промышленным узлам – объем и степень очистки	136
Структура источников водоснабжения по основным гидрографическим районам (без промузлов)	137
Структура источников водоснабжения по промышленным узлам	137
Структура приемников сточных вод по основным гидрографическим районам (без промузлов)	138
Структура приемников сточных вод по промышленным узлам	138
ПРИРОДНЫЕ И ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ	139
Историко-культурные и природные объекты	139
Геологические и гидрологические памятники природы.	144
Виды животных и растений, приуроченные к Онежскому озеру, занесенные в Красную книгу и подлежащие охране (Красная книга Республики Карелия, 2007)	146
ЛИТЕРАТУРА	148

АВТОРЫ

- Басова С. В. 98–99, 102
Басов М. И. 92
Белкина Н. А. 100–104
Богданова М. С. 21, 47–48, 132–143
Бородулина Г. С. 45–46
Васильева Е. П. 104
Георгиев А. П. 124–126
Голубев А. И. 34–39
Демидов И. Н. 27–31, 44–45, 100–101
Дымов В. А. 43
Ефременко Н. А. 94–98
Ефремова Т. В. 54–66
Зимон О. В. 23–26
Зобков М. Б. 83–100, 105–109
Изотова А. Ф. 54
Ипатов А. Л. 94, 99–100
Исанина Э. В. 40, 42
Калинкина Н. М. 110, 126–131
Каретников С. Г. 19–20
Карпечко В. А. 47–48
Колодочка А. А. 23–26
Крутских Н. В. 32–33
Крюков В. Б. 40
Кукконен Н. А. 87–92, 98–99
Лаврова Н. Б. 44–45, 100–101
Литвиненко А. В. 15–17, 22, 47–48, 132–138
Литвинова И. А. 132–138
Лозовик П. А. 105–109
Лукин А. А. 124–126
Макарихин В. В. 144–145
Мартынова Н. Н. 89–90
Мокиевский К. А. 54
Назарова Л. Е. 53, 75–81
Науменко М. А. 19–20
Пальшин Н. И. 67–73
Поленова С. А. 83–84, 93–100
Полин А. К. 34–39, 144–145
Полякова Т. Н. 119–121, 126–131
Попов Б. Г. 9–14
Потапова И. Ю. 83–84
Потехин М. С. 17–19
Потехин С. Б. 139–143
Распопов И. М. 122–123
Родькина И. С. 83–84
Рычанчик Д. В. 34–39, 144–145
Рябченко В. И. 94–95, 96–98
Сааров А. А. 41
Сабылина А. В. 82–100
Сало Ю. А. 49–53
Селиванова Е. А. 85–87, 92, 94, 98–99
Сярки М. Т. 117–119, 122–123, 126–131, 146–147
Теканова Е. В. 112–114, 126–131
Тимакова Т. М. 15–17, 110, 115–117, 126–131
Филатов Н. Н. 7–9, 15–17, 67–69, 70–75
Фрейндлинг А. В. 122–123
Фрейндлинг В. А. 7–9
Чекрыжева Т. А. 111–112, 126–131
Шаров А. Н. 111–112
Шаров Н. В. 40
Южанинова С. И. 40, 42

ВВЕДЕНИЕ

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕРА

Онежское озеро – это крупнейший после Ладожского озера пресный водоем Европы и европейского северо-запада России. Оно является объектом широкого комплексного использования: служит источником питьевого, коммунально-бытового и промышленного водоснабжения, является водохранилищем Верхне-Свирской ГЭС и водно-транспортной магистралью, имеет большое рыбохозяйственное и рекреационное значение, является приемником сточных вод. Роль озера как транспортного пути возросла после строительства в 1930-х гг. Беломорско-Балтийского канала. Реконструкция Мариинской системы в глубоководный Волго-Балтийский путь определила положение Онежского озера как звена, объединяющего системы пяти морей и водных магистралей.

В старину Онежское озеро называлось Анизским (от финского Ääinien järvi – голосистое, ääni – голос, звук), позднее – Онего.

Первые сведения об озере появились к концу XV в. К этому времени Великий Новгород вошел в состав Русского государства. Во все новгородские земли, включая Обонежье, были посланы писцы для проведения подворной переписи. В результате ее появились «писцовые книги», являющиеся старейшими письменными источниками по географии и экономике Карелии и об Онежском озере.

Во второй половине XVI в. появились первые гидрографические сведения об озере, содержащиеся в описании путешествия агентов Лондонской компании Томаса Соутгема и Джона Спарка, совершенного в 1566 г. из Холмогор, через Сороку, Онежское озеро до Новгорода и обратно до Белого моря (Гамель, 1865).

В XVI–XVII вв. Онежское озеро отмечается на картах Меркатора (1594), Буреуса (1626), И. Масса (1633), Гесселя Гарритса (1614). Кордт (1899) в описании карты к так называемой «книги большому чертежу», составленной в 1627 г., показал озеро, ряд его притоков, отметил, что «из Онежского озера в Ново-озеро пала река Свира» (Ладожское озеро. Атлас, 2002).

В 1728 г. русский геодезист Аким Клешин создал первую ландшафтную карту Олонецкого уезда, основанную на инструментальной съемке. На ней отмечены некоторые заливы северной части озера, включая Повенецкий залив. Первое близкое к современному изображение озера дает подробная карта России в масштабе 10 верст в дюйме, составленная по данным топографической съемки 1821–1827 гг.

Начиная со второй половины XVIII в. возрастает интерес к изучению Онежского озера. Географический департамент Академии наук приступил к сбору материалов о природных ресурсах, в том числе об озерах, для географического описания Российского государства. С этого времени все сведения об Онежском озере впервые стали систематизироваться.

В конце XVIII в. Карелию посетило несколько экспедиций, направленных Академией наук. В 1779 г. академик Э. Лаксман совершил поездку от Олонца до Кеми. Часть пути – от Петрозаводска до Повенца – проходила по Онежскому озеру. Ученый приводит данные о глубине озера и горных породах побережья. В 1785 г. академик Н.Я. Озерецковский проехал вдоль побережья Онежского озера от устья реки Свири через Петрозаводск до Повенца, затем спустился вдоль восточного берега до Андомского погоста и Вытегры. Записки о его путешествии были напечатаны в виде журнальных статей в 1786 г. в «Новых ежемесячных сочинениях». Итоги поездки опубликованы в 1792 г. в книге «Путешествие по озерам Ладожскому, Онежскому и вокруг Ильменя» (Озерецковский, 1792), которая является наиболее важным документом XVIII столетия в области изучения Онежского озера. Н.Я. Озерецковский первый в географической литературе своего времени дал всеобъемлющий очерк Ладожского и Онежского озер. Его по праву можно считать причастным к созданию отечественного озероведения.

В 1785 г. путешествие по Карелии совершил первый олонецкий губернатор Г.Р. Державин. В своем путевом дневнике – «Поденной записке» – он отмечает длину Онежского озера (250 верст), реки, впадающие в него, и вытекающую реку Свирь.

В 1838 г. К. Бергштрессер (1838) приводит сведения о площади озера и перечисляет ряд его притоков. В 1841 г. появилась первая публикация о ледовых условиях озера с указанием дат вскрытия и о влиянии морозов на толщину льда (Дашков, 1841). Географ Циммерман в 1853 г. отмечает «по рекогносцировкам и материалам, собранным на месте», данные о площади озера, его длине, ширине, глубине, описывает характер берегов и направление заливов. Инженер Н. Стабровский (участник строительства нового Онежского канала от Вознесенья до урочища Черный песок, открытого в 1852 г.) впервые привел сведения о суточных, сезонных и многолетних колебаниях уровня Онежского озера, а также «сейшах», вызванных атмосферным давлением.

В середине XIX в. ученые Швейцер, Струве, Кеппен вычислили площади поверхности Российского государства, в том числе площади крупнейших озер. Тогда же была дана научно обоснованная площадь Онежского озера.

Академик Г.П. Гельмерсен, совершивший в 1856–1859 гг. четыре экспедиции в Карелию, отмечал изменение уровня Онежского озера и объяснял его количеством осадков, выпадающих в различные годы. Им составлена первая подробная геологическая карта берегов озера (Гельмерсен, 1860).

С 1873 по 1894 г. на Онежском озере работала гидрографическая экспедиция Морского министерства под руководством полковника А.П. Андреева (1878), затем лейтенанта Ф.К. Дриженко. Итогом работ явились «Временные карты Онежского озера»: Генеральная карта в масштабе 6 верст в 1 дюйме и три карты (северной, средней и южной частей озера) в масштабе 3 версты в 1 дюйме с нанесением глубин. На карте впервые показано верное представление об очертаниях береговой линии и положении островов. Результаты работ экспедиции опубликованы в 1895 г.

В 1918 г. гидрографические работы на озере проводились военными моряками Онежской флотилии. Итогом их явилась новая карта озера, состоящая из четырех листов: генеральной карты и трех листов навигационных карт.

С 1870-х гг. началась организация водомерных постов на Онежском озере (1876 г. – Черные пески, 1883 г. – Повенец и Петрозаводск) и в его бассейне, а также метеорологических станций (1857 г. – Петрозаводск, 1875 г. – Повенец). Все водомерные посты были связаны нивелировкой по побережью озера. В разных его частях велись магнитные наблюдения.

В конце XIX в. Русское географическое общество приступило к систематическому изучению Онежского озера. Сюда были направлены две научные экспедиции под руководством С.А. Советова. Первые сведения о температуре воды озера были получены в 1897 г. В 1903 г. Н.А. Пушкарев выполнил измерения температуры на 80 станциях по всему водоему. В 1914 г. наблюдения за температурой и прозрачностью воды сделаны на 15 глубоководных станциях, отобраны пробы грунта (К.К. Гильзен). Результаты работы экспедиции опубликованы в книге «Онежское озеро» (Советов, 1917). В ней подведен итог дореволюционному исследованию водоема.

С 1924 по 1933 г. на озере работала Онежская экспедиция Государственного Гидрологического института под руководством профессора С.А. Советова с целью более детального изучения вод Онежского озера. Особенно подробно исследовались Повенецкий залив в связи со строительством Беломорско-Балтийского канала и Петрозаводская губа как возможный источник водоснабжения г. Петрозаводска. Экспедицией получены уникальные по полноте и содержанию сведения о грунтах, физических и химических особенностях вод, течениях, термическом и ледовом режимах водоема. Итоги работ представлены в монографии «Онежское озеро» (Молчанов и др., 1946) и трудах ГГИ.

С конца 1920-х гг. ведется планомерное изучение биологии водоема Карельской научно-исследовательской рыбохозяйственной станцией (КНИРС), позднее переименованной в отделение ВНИОРХа – СевНИОРХ, и Бородинской биологической станцией.

Начиная со второй половины XX в. исследования на водоеме ведутся по разным направлениям: как в научных целях, так и в интересах развития народного хозяйства. В 1964 г. по предложению Совета Министров Карелии была создана Комплексная Онежская экспедиция для изучения проблемы загрязнения водоема, установления влияния этого фактора на качество вод и его биологическую продуктивность. В состав экспедиции входили лаборатория озераведения АН СССР, Отдел водных проблем Карельского филиала АН СССР, СевНИОРХ и Петрозаводская гидрометеорологическая обсерватория УГМС. Исследования проводились по специальной программе в районах наибольшего загрязнения (Петрозаводская, Кондопожская, Большая губы и Повенецкий залив), а также по всей акватории водоема. Результаты работы опубликованы в сборниках (Предварительные результаты..., 1969) и серии работ Онежской экспедиции.

В 1970–1971 гг. Отделом водных проблем Карельского филиала АН СССР, Зоологическим институтом АН СССР и Вычислительным центром АН СССР проведены комплексные исследования на полигоне в заливе Большое Онего на различных биотопах. Центральная и Южная части озера, крупные заливы изучались в сезонном аспекте (Лимнологические исследования..., 1982).

В 1981–1985 гг. Отделом водных проблем проводились комплексные лимнологические исследования озера по всей его акватории с наблюдениями на 200 станциях (Экосистема Онежского озера..., 1990). В конце 1980-х – начале 1990-х гг. Институтом озераведения АН СССР и Отделом водных проблем Карельского филиала АН СССР был выполнен уникальный по значимости гидрофизический эксперимент «Онего-89» с использованием трех судов, автономных буйковых станций, самолета-лаборатории и трех спутников. Его цель – разработка методов оперативного контроля параметров качества вод (Филатов и др., 1990б). По объему выполненных наблюдений и их комплексности этот эксперимент может сравниться лишь с экспериментом IFYGL (Международный год полевых исследований Великих озер) на североамериканских Великих озерах. В 1991 г. Отдел водных проблем был преобразован в Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН. С 1992 г. он начал проводить регулярные исследования на Онежском озере по программе комплексного экологического мониторинга. В последующие годы изменились возможности проведения научных наблюдений Гидрометслужбой, которая стала сокращать сеть водомерных постов и метеорологических станций.

В конце 1990-х гг. усилилась экономическая активность в регионе, а также стали заметны изменения климата, которые могли привести к определенным изменениям в экосистеме озера. Таким образом, последние два десятилетия представляются весьма интересным периодом в жизни озера и имеют для исследователей важное значение. За эти годы были созданы базы данных и ГИС Онежского озера, которые вошли в международные базы данных по озерам. По результатам исследований ИВПС опубликована монография «Онежское озеро...» (1999). С 2002 г. ИВПС КарНЦ РАН совместно с Санкт-Петербургским институтом экономики и математики РАН проводит системные исследования изменений экосистемы озера при антропогенных и климатических воздействиях с использованием анализа натурных данных и расчетов на математических моделях. Как результат совместных исследований издана книга «Ladoga and Onego – Great European Lakes: Observations and Modeling» (2010).

На основании обобщений материалов, собранных за последние 50 лет Отделом водных проблем и затем ИВПС КарНЦ РАН при участии Института геологии КарНЦ РАН и Института озераведения РАН, подготовлен настоящий Атлас.

Авторы: Н.Н. Филатов, В.А. Фрейндлинг

ИСТОРИЯ ОСВОЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ ОЗЕРА

Онежское и Ладожское озера по величине занимают первые места среди европейских водоемов и стоят в одном ряду с величайшими озерами Земли. Озерно-ледниковый рельеф Карельского перешейка с многочисленными озерами, каменистыми, песчаными и супесчаными, сильно заболоченными почвами не способствовал развитию земледелия. Поэтому земли Обонежья около 10 тысяч лет назад заселили первобытные охотники и рыболовы, продвигавшиеся вслед за отступавшим ледником, так как именно здесь были наиболее благоприятные условия для рыболовства и охоты на бесчисленных озерах, реках и болотах: в высоких широтах, в том числе в Обонежье, средние летние температуры были выше современных на 1,5–2,0 °С, появились широколиственные леса, значительно увеличилось количество лося, уток, тетеревов, рыб и морского зверя. На севере Онежского озера появились мезолитические стоянки древних племен (Мезолит СССР, 1989). Рыболовство повсеместно становилось, наряду с охотой и собирательством, особой формой хозяйства. Уже в каменном веке началось первичное накопление сведений, часто фантастических, о реках, озерах и морях, их положении и размерах, о глубинах и условиях плавания. Нет сомнений в том, что древние племена мезолита и раннего неолита (5–3-е тысячелетия до н.э.), обитавшие в Обонежье, первые начали изучать Онежское озеро в пределах своих знаний и возможностей.

В VIII в. н.э. Ладожское и Онежское озера уже являлись частью водного торгового пути «из варяг в греки». Среди дремучих лесов и болот протяженные глубоководные реки, такие как Днепр,

Волга, Западная Двина, Волхов с притоками, Свирь, образовывали сеть почти непрерывных торговых путей, соединявших Балтийское, Черное, Белое и Каспийское моря. Вероятно, в это время начались первые попытки изучения озер и рек и составления навигационных описаний новгородскими «торговыми людьми».

В XI–XII вв. южное Приладожье составляло так называемый Обонежский ряд Великого Новгорода, который уже изучали и осваивали русские князья. Сохранился написанный в 1137 г. Устав князя Святослава Ольговича, где перечисляются погосты (поселения) Приладожья и Обонежья и устанавливаются размеры платежей, собиравшихся с населения, в том числе «в Онеге на Волдудове погосте» (Лебедев, 1977).

Таким образом, начиная с VIII в. русские люди уже имели достоверные географические сведения об Онежском, Ладожском и других озерах и реках.

Картографическое изображение Онежского озера, составленное на основе устных описаний, появилось в конце XV в., и в то время, «...когда десятки писцов подробно описывали новые и старые земли Московского великого князя, появился и чертеж всех этих земель...», – писал историк картографии Б.А. Рыбаков, определивший время его создания – 1497 г. (Рыбаков, 1974). Этот древний чертеж не удалось обнаружить, возможно, он сгорел во время одного из бесчисленных пожаров в древней Москве. Б.А. Рыбаков отмечал: «Утрата подавляющего большинства русских чертежей XV–XVI веков делает особенно ценными для нас все те западноевропейские карты, в которых мы можем предполагать использование русских материалов».

Первое картографическое изображение Руси появилось на карте Северной Европы, так называемой «Карте Николая Германца 1482 г.», который в качестве источника использовал карту датского географа и путешественника Клавдия Клауссона, по прозвищу Сварт (Черный). На русских землях Клауссон не бывал и Русь изобразил, вероятнее всего, на основе рассказов скандинавских купцов, бывавших там.

В 1516 г. картограф Мартин Вальдземюллер из Сент-Дье (Лотарингия) опубликовал морскую карту, выгравированную на дереве на 12 листах, для составления которой использовал карту Николая Германца 1482 г. О карте Вальдземюллера В.А. Кордт сообщает следующее: «Морская карта Вальдземюллера имеет для нас еще особое значение вследствие того, что третий лист ее первого ряда дает нам отдельную карту Европейской и части Азиатской России, приблизительно до 65° восточной долготы и приблизительно до 30° северной широты. Эта карта России, таким образом, на 9 лет старше карты Баттисты Агнеше, которая до сих пор считалась самой древней картой России...» (Кордт, 1906).

На карте С. Мюнстера 1544 г. (см. карту в Атласе Ладожского озера, 2002), составленной с учетом данных карты Мартина Вальдземюллера, совершенно четко опознается Финский залив, развернутый против часовой стрелки на 90°, с надписью на северном берегу «Выборг» и условным знаком города. К востоку от залива показана система рек и озер условной формы, размеров и ориентации, среди них однозначно опознаются: реки Нева (с подписью «Орешек»), Свирь, Волхов, Вытегра с Ковжей и Шексна, озера Ильмень и Ладога (между ними показан город с подписью «Новгород Великий»), Онежское (с подписью «Онега»), Белое и Кубенское. К северу от Онежского озера показано Белое море с Соловецким монастырем (подпись «Соловки»).

В 1600 г. царевич Федор Годунов составил чертеж Руси, основой для которого послужил русский чертеж 1523 г. Чертеж царевича выгодно отличался от ранее изданных иностранных карт большим охватом территории (на нем уже показаны Скандинавия, Баренцево, Карское, Белое, Черное, Азовское, Балтийское, Каспийское и Северное моря, Новая Земля, уточнены очертания их берегов). На его основе голландский картограф Гессель Герритс Герард в 1613 г. составил карту с сеткой координат и в 1614 г. опубликовал ее. Что касается нашей темы, то Онежское озеро на этой карте имеет небольшие размеры по сравнению с Ладожским (подписано *Ladoga Albus*), расположено неподалеку от него к северо-востоку, соединено с Белым морем и не имеет связи с Ладогой. Справа подпись – «*Onego*».

В 1633 г. голландский купец и дипломат Исаак Масса, долго проживавший в России и выдворенный в 1615 г. из Москвы за несовместимую со статусом дипломата деятельность, снова переиздал карту царевича Федора под названием «*Novissima Rusiae Tabula, autore Isaaco Massa*», несколько подправив ее и увеличив число географических названий. На ней четко выделены Ладожское и Онежское озера.

Онежское озеро (в древности Онего) всегда было узлом речных и озерных путей к северным морям. Из Ладожского озера путники поднимались по реке Свири в Онежское озеро, затем плыли в Повенецкий залив на севере этого озера, оттуда через речку Повенчанку и ряд озер, соединенных реками, добирались до озера Выг и по реке Выг выходили в Белое море. В летописях есть указание, что этим маршрутом в 1436 г. проплыл на карбасе монах Савватий, основатель Соловецкого монастыря.

В 1566 г. английские купцы Томас Соузен и Джон Старк с товарами проплыли из Белого моря в Великий Новгород по этому пути и составили его описание.

Побывав в Архангельске, Петр I в начале июля 1702 г. приказал сержанту Михаилу Щепотьеву проложить путь из Онежского озера к Белому морю. В августе того же года Щепотьев доносил из Повенца: «Известую тебя, государь, дорога готова и пристань и подводы и суда на Онеге готовы, а подвод собрано по 2 августа 2000, а еще будет прибавка, а сколько судов и какою мерою, о том послана к милости твоей роспись». Ближайший сподвижник Петра I по созданию русского флота Ф.А. Головин в сентябре того же года писал князю Долгорукому: «Войска царского величества никаких праздностей сего лета не делали, но в непрестанных истинно трудах были. Также и сами мы от города (Повенца. – *Б. П.*) непроходимыми местами прошли и топеря обретаем в Ындрии» (Советов, 1919). Нет сомнений в том, что в 1702 г. проводились какие-то исследования в Онежском озере, но результаты их до нас не дошли. В дальнейшем вопрос о проложении постоянного водного пути из Онежского озера в Белое море и составления необходимых карт не поднимался до начала XIX в.

В 1800, 1824, 1832, 1838 гг. купцы и предприниматели Олонецкой губернии подавали в Санкт-Петербург прошения об исследовании Онежского озера и соединении его с Белым морем, но каждый раз Главное Управление путей сообщения под разными предлогами отклоняло ходатайства.

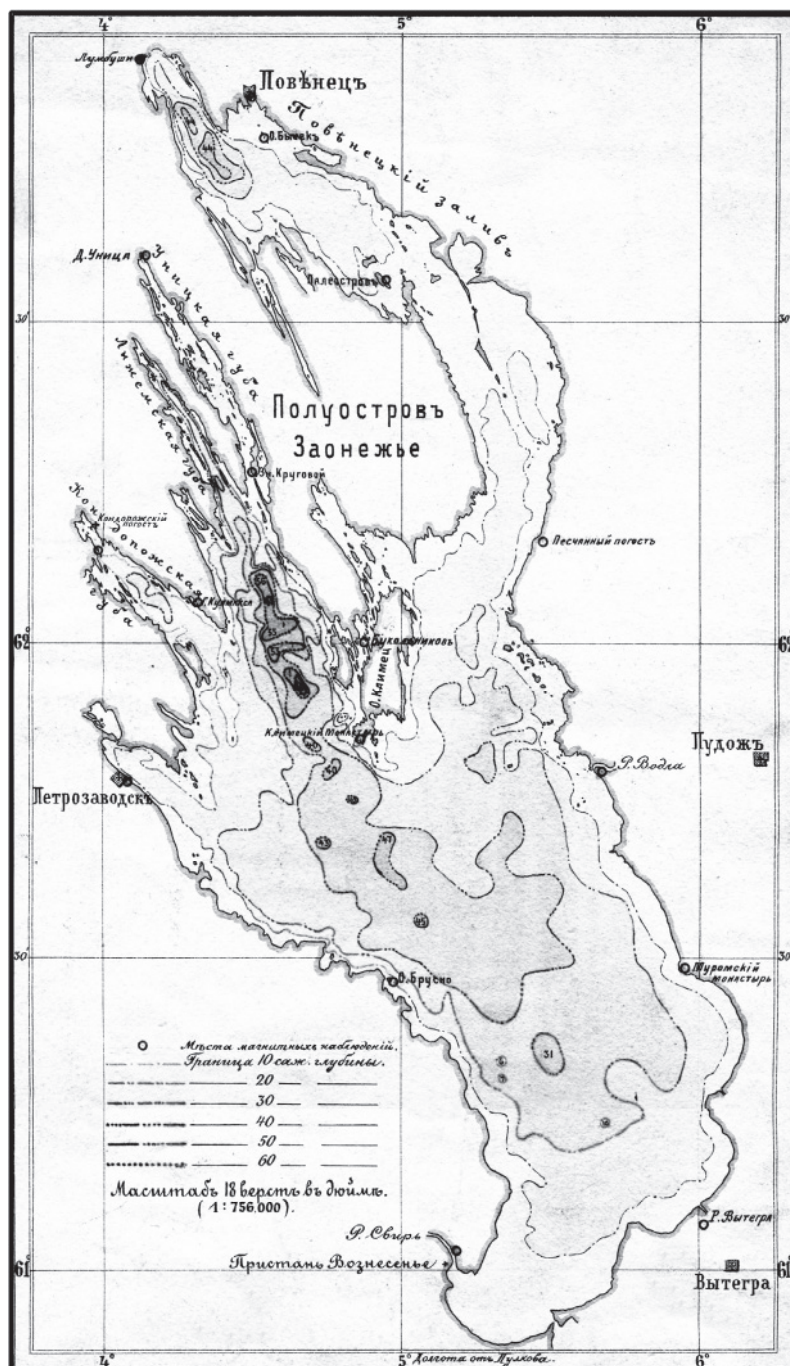
В 1858 г. архангельский губернатор Арандаренко представил новый проект Беломорско-Онежского пути. Царь Александр II «отнесся весьма сочувственно к проекту и ходатайству местных жителей, но Министерство Путей сообщения оказалось сильнее, и на этот раз оставило проект, как и раньше, без рассмотрения» (Советов, 1919; Шидловский, 1915).

Наконец, в 1874 г. ходатайство жителей Олонецкой губернии об улучшении условий судоходства на Онежском озере попало к новому министру путей сообщения адмиралу Константину Николаевичу Посьету, который ранее лично выполнял гидрографические работы в Финском заливе, у побережья Кореи и в южном Приморье (Советов, 1919; История Гидрографической службы, 1997). Адмирал быстро оценил проблему и нашел общий язык по вопросу ее решения с Морским министерством, которое дало указание Гидрографическому департаменту об организации Отдельной съемки Онежского озера и выполнении его описи. Значительную долю финансовых затрат на производство работ (около 50 %) взяло на себя Министерство путей сообщения.

Первый промер Онежского озера по распоряжению К.Н. Посьета был выполнен с пароходов «Ижора» и «Онега» в 1870 г. по нескольким линиям для рекогносцировки глубин и условий плавания, а в 1874 г. начала систематические исследования озера Отдельная съемка Онежского озера, сформированная на год раньше (Колотило, 1997).

Исследование озера велось 20 лет (1874–1894). Это объяснялось большой сложностью района исследований: уже первые рекогносцировки показали, что по всему Онежскому озеру расположено большое количество островов, островков и скал, которые в северной части озера образуют Кижские шхеры; проливы между островами, островами и берегом усеяны опасностями, плавание в этих проливах возможно только по фарватерам; дно в заливах и губах северной части озера очень неровное и таит много подводных опасностей.

Работами руководили полковник А.П. Андреев (1874–1879), капитан Л.И. Петухов (1880–1885), капитан 2 ранга К.И. Михайлов (1886), лейтенант Ю. Ивановский (1887–1890) и лейтенант Ф.К. Дриженко (1891–1894). Ежегодно организовывались 2–3 партии, в которые входили от 4 до 16 производителей работ. Число «нижних чинов» иногда достигало 74 человек, а вольнонаемных рабочих – от 41 до 76 человек.

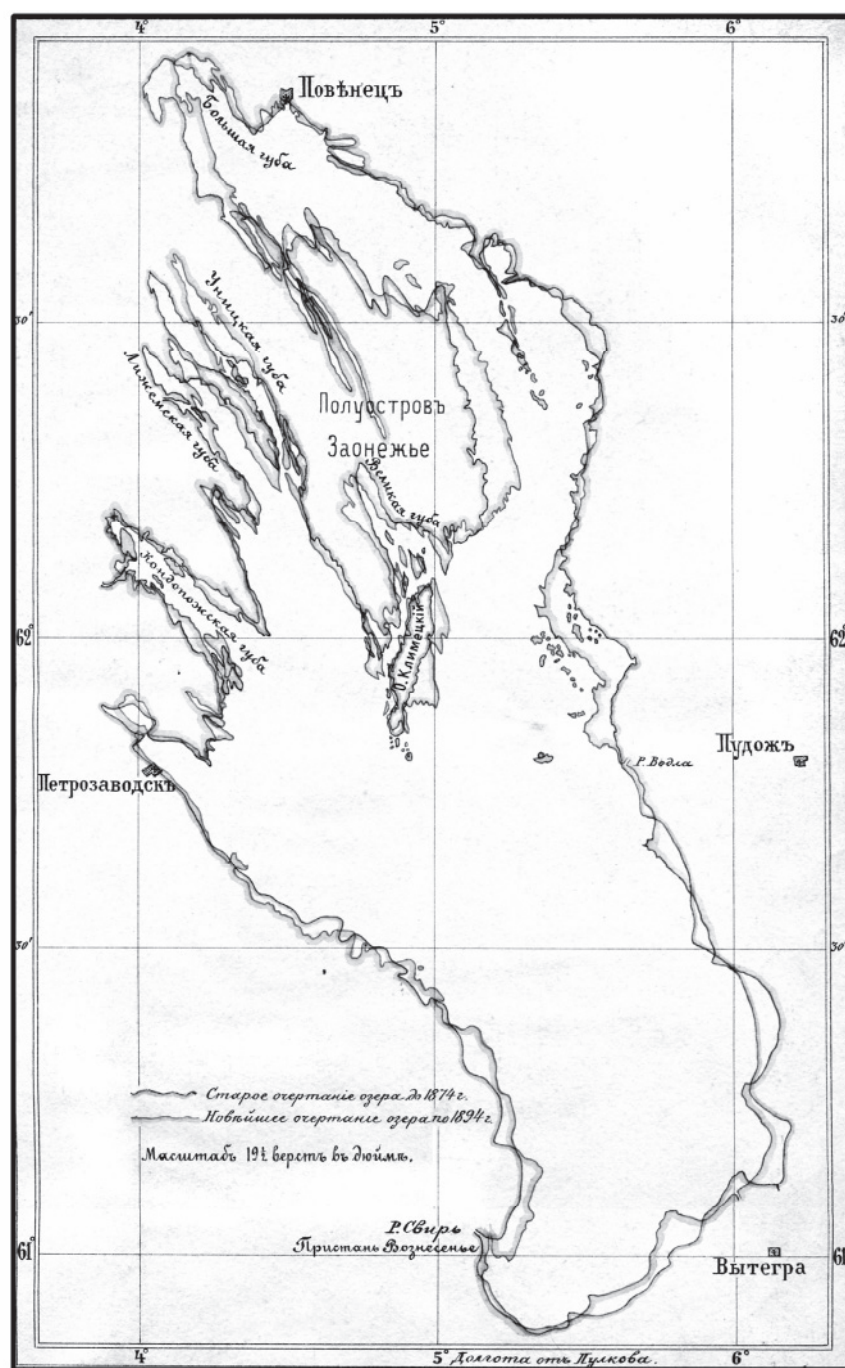


Копия карты Онежского озера, составленная
А.П. Андреевым и Ф.К. Дриженко
(из Архива Русского географического общества)

Промер выполнялся с пароходов «Казань», «Ладога», «Невка», «Петр», с портовых судов «Ляг» и «Лот» и с 6–13 шлюпок. Для обеспечения работ ежегодно выделялись два грузовых судна. Общая стоимость работ составила около 500 тыс. рублей.

Измерения глубин выполнялись параллельными галсами, расположенными перпендикулярно берегу, с междугалсовыми расстояниями 85, 107, 214, 428 и 640 м в зависимости от характера рельефа дна. Длина галсов достигала 10 км. Глубины на галсах судового промера измерялись через одну минуту, место определялось по обратной засечке через 4–8 глубин, на галсах шлюпочного промера глубины измерялись через 10–30 м, а место определялось через семь глубин (РГА ВМФ, фонд 404).

Для координатного обеспечения промера экспедицией были определены астрономические пункты (так, летом 1875 г. капитан-лейтенант Л.П. Елагин определил 10 астрономических пунктов, используя вертикальный круг Репсоляда и 10 столовых хронометров, а в 1877 г. астроном В. Фус определил еще два астропункта (Шольц)), проложены ряды триангуляции вдоль северных берегов озера, выполнена топосъемка береговой черты, установлены футштоки для определения колебаний уровня озера. Произведены магнитные наблюдения. Онежское озеро стало полигоном для высококачественной подготовки многих офицеров-гидрографов, которые впоследствии вошли в историю российской гидрографии как крупные специалисты и организаторы работ: А.М. Бухтеев, Е.П. Бялокоз, А.И. Вилькицкий, В.Л. Геллер, И.С. Сергеев (История Гидрографической службы..., 1997).



Сравнительная карта очертаний берегов озера
по данным съемок 1874 г. и 1894 г.
(из Архива Русского географического общества)

После завершения работ экспедиции были составлены карты озера: одна генеральная в масштабе 6 верст в дюйме (1 : 252 000) и три более подробных на южную, среднюю и северную части озера. Была составлена и подробная лоция. Но в 1918 г. С.А. Советов писал: «К сожалению, хотя карты и были награвированы, но до сих пор еще не были изданы для общего пользования, а лоция не была отпечатана вовсе. Таким образом, Онежское озеро не имеет ни карт, ни руководства для плавания, что без сомнения вредно отражается на развитии судоходства, так как благодаря неимению карт на озере весьма нередки аварии, особенно в северной части, где озеро носит шхерный характер и имеется много необследованных и неогражденных банок» (Советов, 1919).

Видимо, поэтому Главное Гидрографическое Управление летом 1918 г. вновь сформировало Ладого-Онежскую экспедицию, в программу работ которой были включены не только гидрографические, но и гидрологические, метеорологические, магнитометрические, естественноисторические и другие работы, но в связи с началом гражданской войны эта экспедиция не состоялась (Советов, 1919). Исследования на Онежском озере на новом, более высоком техническом и методическом уровне продолжились только в 1935–1939 гг. силами Отдельного гидрографического отряда Гидрографической службы Краснознаменного Балтийского флота. К этому времени озеро стало узловым звеном единой глубоководной системы европейской части СССР и имело большое значение как для внутренних водных путей, так и для внешнеторговых перевозок. За пять лет балтийские гидрографы снова создали триангуляционную сеть на берегах этого озера, выполнили прибрежный промер в масштабах 1 : 25 000, 1 : 10 000 и 1 : 5000, а в центральной части озера – в масштабе 1 : 50 000; в прибрежной полосе суши была проведена топографическая съемка; проводились исследования колебаний уровня озера. После Великой Отечественной войны Балтийской гидрографической экспедицией (с конца 1964 г. – 6-й Атлантической океанологической экспедицией) исследования на отдельных прибрежных участках озера повторялись в 1962, 1963, 1975, 1982–1984 гг.

К настоящему времени на основе выполненных работ составлены: 4 карты озера масштаба 1 : 100 000, 6 карт масштаба 1 : 50 000 и 26 планов масштабов 1 : 5000 – 1 : 25 000. В 1961 г. гидрографы А.Я. Эльгорт и С.П. Марченко привели на уровень современности (практически составили заново) Лоцию Онежского озера (Лоция Онежского озера, 1999).

Автор: Капитан 1 ранга в отставке Б.Г. Попов

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ГЕОЛОГИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА

В пределах России на территории Республики Карелия расположено второе по величине пресноводное озеро Европы – Онежское. Площадь зеркала озера составляет 9720 км², из которых 250 км² приходится на 1500 островов. Протяженность озера с севера на юг – 248 км, с запада на восток – 96 км.

Бассейн озера расположен на двух контрастирующих частях земной коры с различными геологическими историями – Балтийском щите и Русском плато. Его природа характеризуется выраженной неоднородностью, обусловленной не только размерами, но и геологией котловины, неравномерным распределением приточности, различной степенью антропогенной нагрузки. Бассейн сложен труднорастворимыми архейско-протерозойскими породами, и поэтому минерализация вод притоков и самого озера очень низкая – 37 мг/л, что в 1,5 ниже, чем в воде Ладожского озера. Объем водной массы озера достигает 295 км³, средняя глубина – 30 м, максимальная – 120 м. В озеро впадают 52 реки длиной более 10 км, из которых только 8 рек имеют длину более 100 км. Сток из озера осуществляется по реке Свири, несущей свои воды в Ладожское озеро. Площадь водосборного бассейна Онежского озера составляет 53 100 км² (без площади озера).

Различия в геологической структуре бассейна отражаются на характере берегов. Берега северной половины озера сложены кристаллическими породами, возвышенные, изрезанные. Южная часть характеризуется плавными очертаниями низменных берегов.

Озеро после строительства в 1953 г. Верхне-Свирской гидроэлектростанции превратилось в водохранилище, его уровень поднялся на 30 см по сравнению с естественным. Средняя годовая амплитуда колебаний уровня составляет 65 см. Озеро в течение 6–6,5 месяца (с декабря до середины мая) покрыто льдом. Весной (в мае-июне) и осенью (в октябре) образуется термобар, отделяющий более прогретые весной и более охлажденные осенью воды мелководной зоны от глубоководной части озера. Летом образуется вертикальная термическая стратификация. Толщина эпилимниона составляет около 10–16 м.

Онежское озеро является одним из наименее минерализованных озер мира. Общая минерализация воды в различных его районах составляет 39–46 мг/л. Средняя концентрация биогенных элементов: $P_{\text{общ}}$ – 10–14 мкг/л, $N_{\text{общ}}$ – 0,52–0,65 мг/л, Si – 0,3–0,5 мг/л. Концентрация растворенного кислорода близка к полному насыщению. Абсолютное содержание O_2 – 10,4–14,4 мг/л. Современное состояние экосистемы Онежского озера, сформировавшееся в результате взаимодействия многообразного комплекса природных процессов, развивающихся в его водной среде и на водосборе, находится под влиянием климата и антропогенной нагрузки. В целом качество вод озера в настоящее время высокое, озеро олиготрофное, малопродуктивное. Воды Центрального, Большого и Малого Онего, Повенецкого залива сохранили до настоящего времени достаточно высокое качество. Они слабо окрашены (цветность 20–30 град.), содержат небольшое количество органического вещества ($C_{\text{орг}}$ – 4–6 мг/л; перманганатная окисляемость – 5–8 мг O /л), бедны биогенными элементами, особенно общим фосфором (7–10 мкг/л). В Центральном и Южном Онего в последнее десятилетие эпизодически повышается концентрация общего фосфора (до 20 мкг/л) и понижается содержание кремния (с 0,7 до 0,2 мг/л), что может служить одним из признаков начала антропогенного эвтрофирования этих районов в основном за счет поступления трансформированных вод Петрозаводского, Кондопожского и Медвежьегогорского промузлов. С антропогенным стоком от этих промузлов в озеро вносится в среднем 105 млн м³/год сточных вод, 50 % объема которых приходится на трудно трансформируемые сточные воды целлюлозно-бумажного производства. Ежегодно со сточными водами в озеро поступает около 160 т фосфора, 700 т азота и 3700 т взвешенных веществ.

Воды рек, впадающих в Онежское озеро, содержат повышенное количество органических веществ ($C_{\text{орг}}$ > 9 мг/л, PO_4 > 10 мг O /л), они маломинерализованы (<25 мг/л), сильно гумифицированы (pH > 6, цветность > 40 град.). С этими водами поступает около 80–90 % органических и взвешенных веществ, 90 % общего азота, 70 % общего фосфора. Именно эти воды, наряду с влиянием промцентров, формируют качество вод губ и заливов. В губах, подверженных антропогенному воздействию (Петрозаводской, Кондопожской), содержание общего фосфора в 2 раза выше, чем в открытом Онего, в результате чего развитие эвтрофирования в них идет быстрее, чем в открытом озере.

Значительное влияние на характеристики вод Петрозаводской губы – источника питьевого водоснабжения г. Петрозаводска – оказывает сток р. Шуи, вода которой имеет низкое природное качество из-за высокого содержания в ней железа и гумусных веществ. Органическое вещество шуйских вод устойчиво к биохимическому окислению, они содержат загрязнения, связанные с сельскохозяйственной деятельностью, развитой на водосборе реки. Многолетние исследования вод Петрозаводской губы показали, что под воздействием сточных вод Петрозаводского промузла, стоков с р. Шуи и с территории города качество вод губы изменилось, и по совокупности химических показателей они относятся к олиго-мезотрофному типу, а по индексу загрязненности вод (ИЗВ) – к загрязненным и умеренно-загрязненным. В весенний период в связи с наличием термобара (природного явления, «запирающего» дважды в год Петрозаводскую губу и затрудняющего тем самым ее водообмен с Большим Онего), показатели качества воды Петрозаводской губы в зоне городского побережья и в поверхностных слоях ближе к шуйским, чем к озерным водам (цветность – 70–125 град., ПО – 12–17 мг О/л, Fe – 0,6 мг/л). В этот период создаются неблагоприятные условия для организации питьевого водоснабжения города, так как воды губы оказываются изолированными от озерных и состоят из трансформированных речных и сточных вод промузла. Заметного улучшения качества используемой воды можно достичь при переносе оголовка водозабора в район Ивановских островов. Исследования донных отложений показали, что в последние годы отмечается увеличение скорости осадконакопления в районах, примыкающих к промузлам. Установлено изменение состава донных отложений не только отдельных заливов, но и центральных аккумуляционных зон озера: в осадках наблюдается устойчивое содержание органических веществ, фосфора, азота и железа.

Флора и фауна Онежского озера к настоящему времени изучены достаточно полно.

Фитопланктон насчитывает 430 видов и форм: 35 % из их числа составляют *Bacillariophyta*, 19 % – *Cyanophyta*, по 7 % – *Chlorophyta* и *Chrysophyta*. Суточная продукция водорослей в весенний период изменяется от 5 до 11 мкг С/л, летом – от 7 до 35 мкг С/л. Среднее содержание хлорофилла в фитопланктоне основной акватории Онего составляет 14 мкг/л, до 1,9–3,5 мкг/л в заливах, подверженных антропогенному воздействию. В перифитоне насчитывается 506 видов и форм водорослей, большая часть которых относится к *Bacillariophyta* (60 %) и *Chlorophyta* (28 %). Нижняя граница распространения перифитона проходит примерно по пятиметровой изобате. Годовая продукция перифитона составляет 0,7–0,8 г С/м².

Высшие водные растения образуют 62 ассоциации. Во всех районах озера господствуют фитоценозы *Phragmites australis* – 62 % общей площади зарослей. Широкое для олиготрофного водоема распространение получили ценозы *Nuphar lutea* – 6 % площади зарослей. Общая площадь, занятая макрофитами, составляет 2360 га, что составляет 0,24 % площади озера. Годовая продукция макрофитов достигает 2,8 тыс. т С, или 0,28 г С/м².

Лимническая неоднородность озера сказывается на распределении бактериопланктона. Его средняя плотность в воде открытого Онего составляет 0,1–0,3 млн кл/мл, число гетеротрофов – 100–270 колоний/мл. Продукция бактериопланктона колеблется в пределах 0,05–0,20 мг С/л в сутки. Количество микроорганизмов в прибрежном районе превышает 1 млн кл/мл.

Протозойный планктон насчитывает 130 видов. В открытой части озера его среднемесячная биомасса составляет в июле–октябре 0,01–0,04 г/м³, в июне – 0,050–0,092 г/м³, что соответствует уровню олиготрофного водоема. В заливах, подверженных антропогенному воздействию, эти величины выше в 3–4 раза.

В зоопланктоне насчитывается 202 вида организмов, из них 90 видов ракообразных и 112 – колероваток. Продукция «мирного» зоопланктона в литоральной зоне за летний период составляет 56,2 г/м², хищного – 14,9 г/м². В глубоководных районах эти величины равны 19,3 и 3,4 г/м² соответственно.

Донные биотопы населяют 530 видов и форм беспозвоночных, из которых 80 % встречено в прибрежных районах озера. Доминирующей группой являются олигохеты. На илах в глубоководной части озера развивается комплекс реликтовых ракообразных (*Gammaracanthus loricatus* Sars, *Pontoporeia affinis* Lindst., *Pallasea quadrispinosa* Sars, *Mysis oculata* var. *relicta* Loven). Средняя биомасса бентоса для озера составляет 1,1–1,5 г/м², достигая следующих величин: на каменистых грунтах – 2,1 г/м², песчаных – 1,1 г/м², илах – 1,4 г/м², что соответствует водоемам олиготрофного типа.

Онежское озеро является ценным рыбохозяйственным водоемом. В состав ихтиофауны входит 47 видов и подвидов рыб из 13 семейств. Наибольшее значение в промысле имеют ряпушка и корюшка. Промысловая продуктивность озера невелика – около 1 кг/га. Промысловые уловы в последние годы составляют в среднем 1–2 тыс. т, общий вылов с учетом любительского рыболовства превышает 3 тыс. т в год. За последние 50 лет наблюдается тенденция к сокращению выловов. От-

мечается снижение сбалансированности рыбного населения – некоторые виды переходят в категории редких и исчезающих: не встречается атлантический осетр, потеряли промысловое значение озерно-речные сиги. Для сохранения ихтиофауны актуальным остается осуществление природоохранных мероприятий и искусственное воспроизведение проходных видов рыб.

Анализ характеристик климата в регионе в течение второй половины XX в. позволил выявить изменение основных параметров как по месяцам, так и в среднем за год. В частности, за последние 50 лет отмечается тренд в увеличении средней годовой температуры воздуха в районе озера на 0,9 °С. Наблюдаемое в последние 15 лет заметное потепление климата в регионе не привело к экстремально низким значениям уровня воды, которые могли бы сказаться на водохозяйственной ситуации. При увеличении температуры воздуха в среднем на несколько недель возрастет период времени, когда водоем будет свободен от ледяного покрова. Сокращение периода ледостава на водоемах будет способствовать повышению температуры воды, более интенсивной динамике водных масс, уменьшению объема придонного слоя – гипolimниона. Отмечаемые тенденции изменений климата и возможные его последствия должны учитываться при разработке стратегии рационального хозяйственного использования и охраны природных ресурсов. Водные ресурсы Онежского озера играют исключительную роль в развитии экономики Карелии, так как являются важнейшей предпосылкой перспективного функционирования хозяйства. Только на его побережье (в двухкилометровой зоне) проживает 81 % от общего числа жителей, проживающих на территории бассейна, и сосредоточено 95 % потребителей его вод. Ведущим пользователем водных ресурсов озера является промышленность, сосредоточенная в четырех наиболее крупных городах побережья (Петрозаводске, Кондопоге, Медвежьегорске и Пиндушах) и представленная целлюлозно-бумажным производством, переработкой леса, машиностроением, предприятиями легкой и пищевой промышленности, металлообработкой, производством строительных материалов, полиграфией. Вторым по объему водопотребителем является коммунальное хозяйство, сосредоточенное в тех же четырех городах. Водоотведение в прибрежной зоне озера, по сути являющееся точечным источником загрязнения, формируется в настоящее время коммунально-бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами, которые относятся к органо-минеральным и биогенным загрязнителям. Рыбохозяйственное потребление воды прекратилось к концу 90-х гг. полностью, хотя до 1990 г. составляло 5 % от общего объема водопотребления. В 2008 г. – 17 %.

Озеро является главным источником питьевого водоснабжения для более чем 30 % населения Республики Карелия и важным источником чистых вод для Ладожского озера.

На территории административных единиц, прилегающих к Онежскому озеру (гг. Петрозаводск, Кондопога, Прионежский и Пудожский районы), выявлены промышленные запасы ванадия, высоко- и низкоуглеродистых шунгитовых пород и 2/3 запасов глин. Здесь сосредоточены 40 % всех республиканских промышленных запасов строительного и 23,3 % облицовочного камня, 30,6 % запасов торфа. Действующие вокруг озера крупные и средние горные предприятия выпускают 11,5 % всей горнопромышленной продукции республики. Несмотря на определенное снижение в последние 15 лет экономической активности в бассейне озера (существенное сокращение лесной и сельскохозяйственной мелиорации, промышленного и сельскохозяйственного производства) заметного улучшения качества воды в озере не отмечается.

Через Онежское озеро проходит водный транспортный путь протяженностью 219 км, соединяющий Беломорско-Балтийский канал с Волго-Балтийским водным путем. Кроме основного пути на Онежском озере имеется много местных и подходов фарватеров.

На одном из многочисленных островов Онежского озера находится архитектурный памятник мирового значения – Кижский погост – и музей «Кижи». На восточном берегу много скальных островов и мысов, отполированных онежской волной, которые послужили теми «листами каменной книги», на которых доисторический человек вел свою летопись. Самым известным стал мыс Бесов Нос, определивший название группы, содержащей около 800 петроглифов.

Авторы: Н.Н. Филатов, Т.М. Тимакова, А.В. Литвиненко

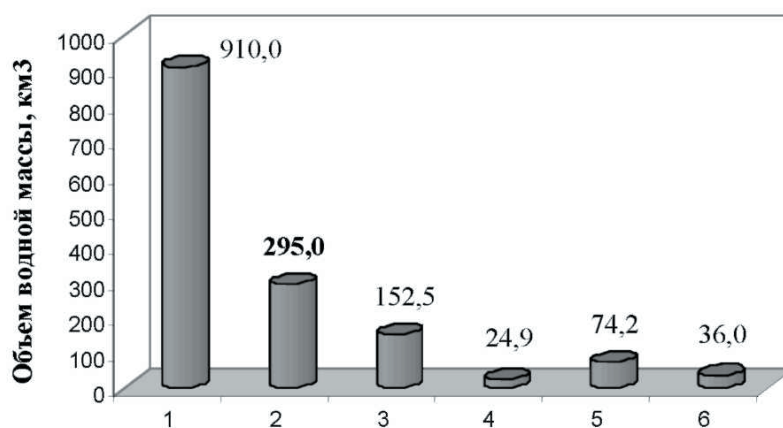
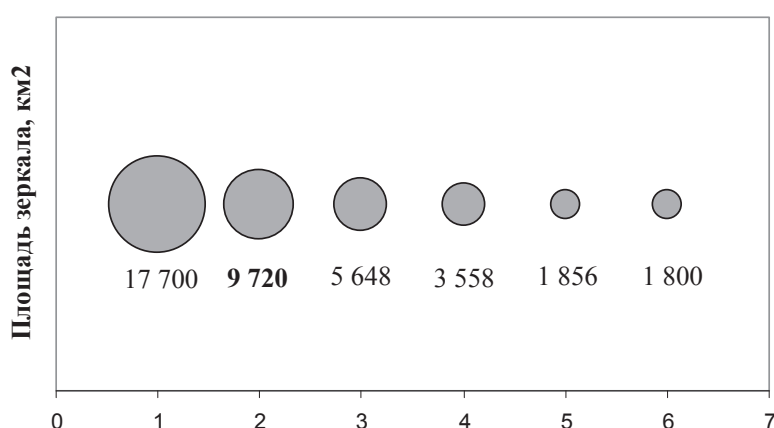
ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО СРЕДИ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ЕВРОПЫ

Онежское озеро является вторым по величине пресноводным водоемом Европы, уступая по площади водной поверхности и объему водной массы лишь Ладожскому озеру. Следует отметить, что крупней-

шие озера Европы расположены в умеренном поясе, в зоне избыточного увлажнения, на Балтийском (Фенноскандинавском) кристаллическом щите (оз. Венерн, Веттерн, Сайма) или в зоне его сочленения с Русской плитой (оз. Ладожское, Онежское), в районе обширного распространения четвертичных отложений. Данные природные особенности территории являются оптимальным сочетанием факторов процесса лимногенеза.

Основные морфометрические характеристики крупнейших озер Европы¹

Озеро (страна)	Площадь водной поверхности, км ²	Площадь водосбора, км ²	Высота над уровнем моря, м	Наибольшая глубина, м	Средняя глубина, м	Объем, км ³
Ладожское (Россия)	17 700	258 300	4,48	230	51	910 (838) ²
Онежское (Россия)	9 720	53 100	33,3	120	30	295,0
Венерн (Швеция)	5 648	41 182	44	106	27	152,5
Псковско-Чудское (Россия, Эстония)	3 558	–	30	15	7	24,9
Веттерн (Швеция)	1 856	4 503	89	128	40	74,2

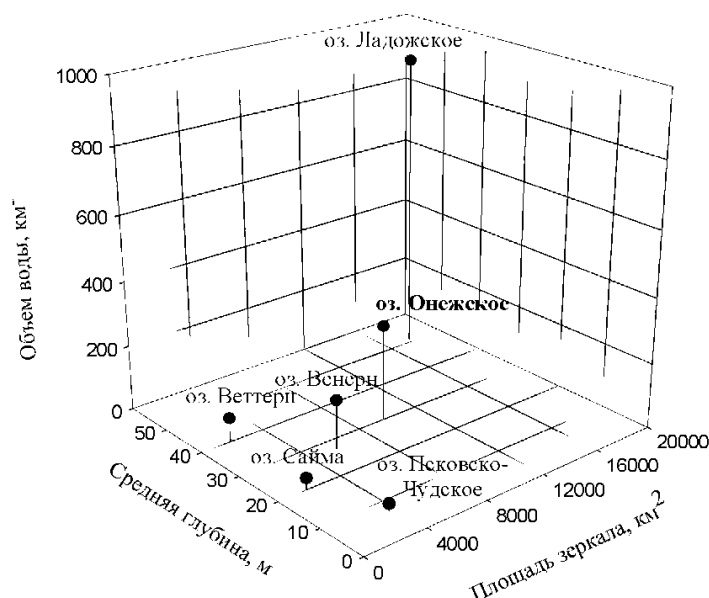


Распределение крупнейших озер Европы по площади водной поверхности и объему водной массы:

1 – Ладожское, 2 – Онежское, 3 – Венерн, 4 – Псковско-Чудское, 5 – Веттерн, 6 – Сайма

¹ Характеристики Ладожского и Онежского озер по данным ГВК: Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том I. РСФСР. Вып. 5. Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озер. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 688 с. Характеристики остальных водоемов по данным World Lake Database, режим доступа: <http://www.ilec.or.jp/database.html>.

² По данным М.А. Науменко: Новое определение морфометрических характеристик Ладожского озера // ДАН. Т. 345. № 4. С. 514–517.



Распределение крупнейших озер Европы по площади водной поверхности, средней глубине и объему водной массы

Автор: М.С. Потахин

ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСБОРА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

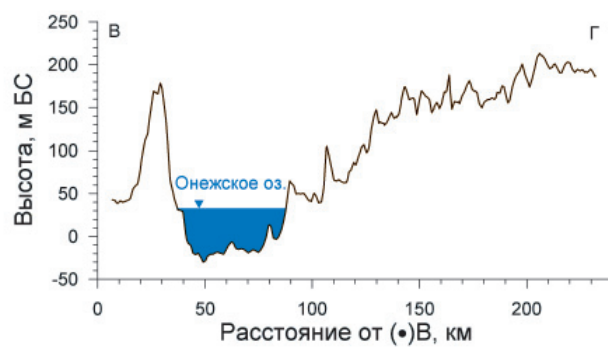
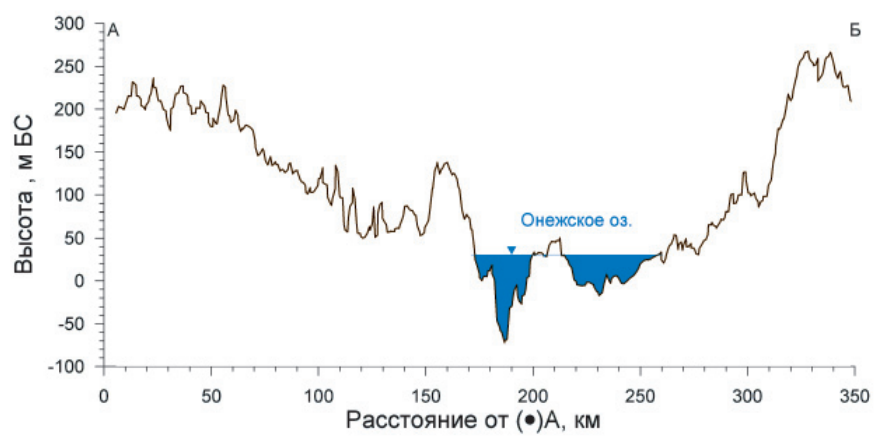
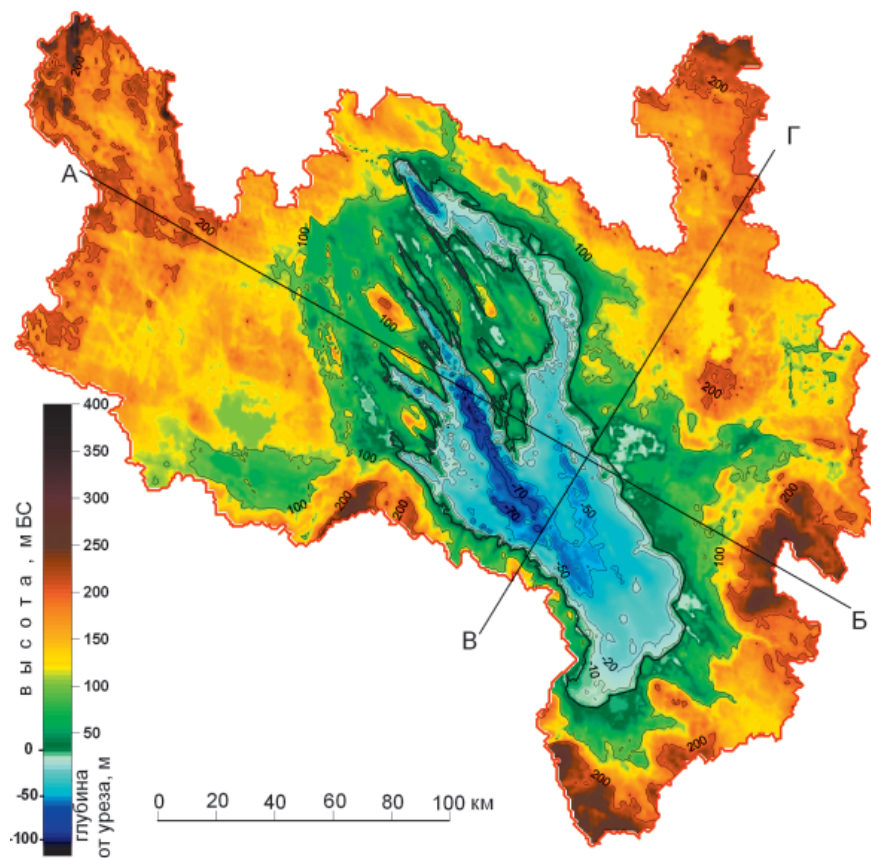
Исходным материалом для выделения и анализа рельефа частных водосборов Ладожского озера и, в частности, Онежского озера послужила цифровая спутниковая информация, полученная альтиметром. Данные Digital Elevation Model (DEM) взяты из Интернета на сайте NGDC (Национального центра геофизических данных, США) для территории между 55 и 65° северной широты и 26 и 38° восточной долготы с пространственным разрешением 1 км, а по высоте 1 м. Была создана цифровая модель всего водосбора Ладожского озера размером 1116 x 768 узлов. Для вычисления характеристик водосбора собственно Онежского озера было использовано 50 158 точек сетки с замыкающим створом в истоке р.Свири, без учета Ивинского разлива. Были проведены водораздельные линии общего и частных водосборов Ладожского озера, что позволило впервые сосчитать их длину на эквидистантной сетке 1 x 1 км.

С помощью цифровой модели впервые получены различные статистические характеристики водосборов (табл.). Средние высоты всех водосборов свидетельствуют о равнинности рельефа. Средняя высота общего водосбора Ладожского озера равняется 114,3 м, а средняя высота Онежского частного водосбора почти на 20 м выше. Впервые были сосчитаны величины наибольшей крутизны склонов в каждом узле цифровой модели Онежского водосбора на базовом шаге сетки 1 км. Средний уклон 0,01. На рисунке показаны характерные разрезы высот водосбора Онежского озера.

Статистические характеристики частного водосбора Онежского озера

Характеристики	Водосбор Онежского озера
Площадь водосбора, км ²	48 548 (без Онежского озера) ³
Максимальная высота, м	398
Средняя высота, м	134,3
Медианная высота, м	138,9
Стандартное отклонение, м	57,3
Коэффициент вариации	0,43
Максимальная высота водораздельной линии, м	388
Средняя высота водораздельной линии, м	196,0
Стандартное отклонение высоты водораздельной линии, м	51,1
Длина водораздельной линии, км	2208
Коэффициент изрезанности	2,6
Максимальный уклон, град.	6,6
Средний уклон, град.	0,58
Медианный уклон, град.	0,47
Стандартное отклонение, град.	0,47
Коэффициент вариации	0,8

³ Отличается от данных Государственного водного кадастра. См. с. 23 настоящего издания.



На верхнем рисунке показан водосбор озера и линии профилей АБ и ВГ,
а на нижнем – профили высот в метрах

Авторы: М.А. Науменко, С.Г. Каретников (ИНОЗ РАН)

ПОЛИТИКО-АДМИНИСТРАТИВНОЕ ДЕЛЕНИЕ ВОДОСБОРА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА



Автор: М.С. Богданова

ГРАНИЦЫ ВОДОСБОРА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

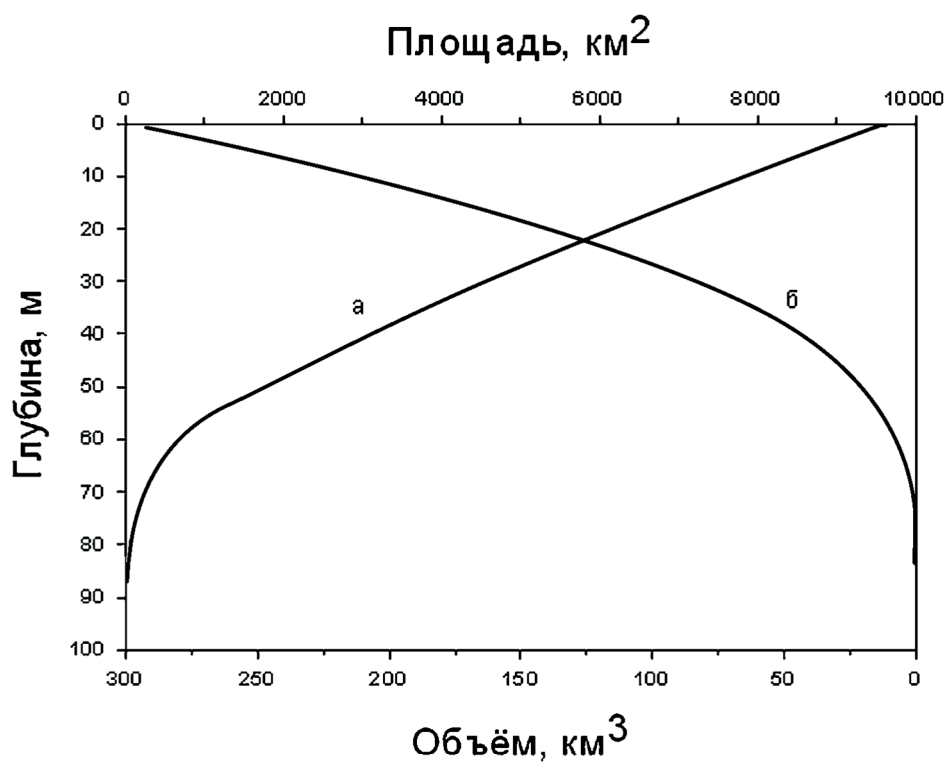


Водосбор Онежского озера показан красной линией
(основа: Атлас СССР. М., 1984)

Авторы: А.В. Литвиненко, М.С. Богданова

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРА

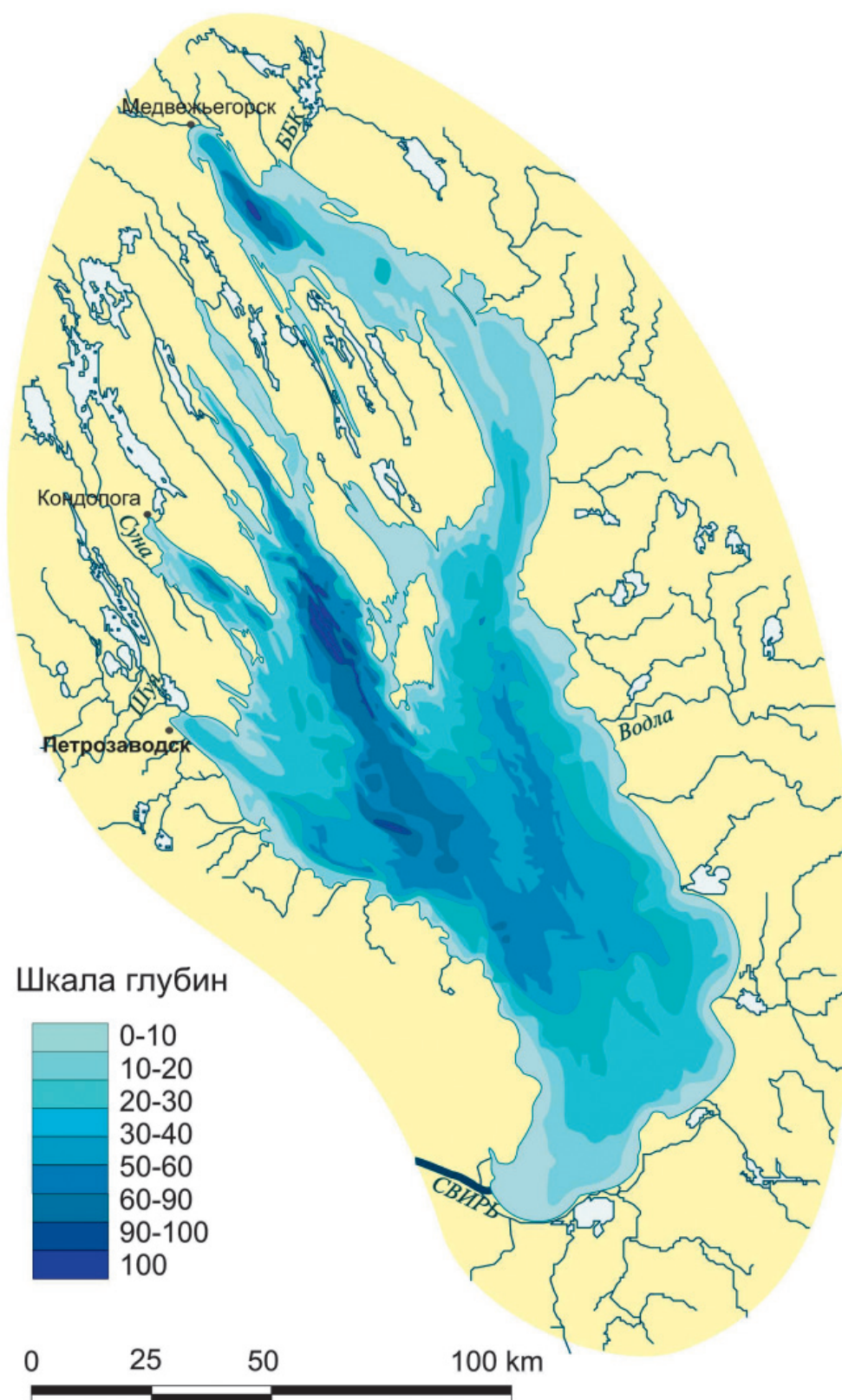
	по Ф.А. Черняевой	по ГВК
1. Площадь озера общая (с островами), км ²	9940	9970
2. Суммарная площадь островов, км ²	250,7	250
3. Площадь акватории (зеркала), км ²	9690	9720
4. Площадь водосбора, км ²	62 800	53 100
5. Коэффициент удельного водосбора	6,67	5,56
6. Объем водной массы озера, км ³	291	295
7. Средняя глубина, м	30,1	30
8. Максимальная глубина, м	120	120
9. Коэффициент емкости	0,25	–
10. Направление главной оси озера	ССЗ-ЮЮВ	
11. Наибольшая длина, км	290	248
12. Наибольшая ширина (по параллели), км	82	96,0
13. Коэффициент формы (отношение ширины к длине)	0,28	–
14. Длина береговой линии (на материке), км	1810	1810
15. Изрезанность береговой линии	5,2	5,12
16. Период условного водообмена, лет	13,25	14



Гипсометрическая (а) и объемная (б) кривые

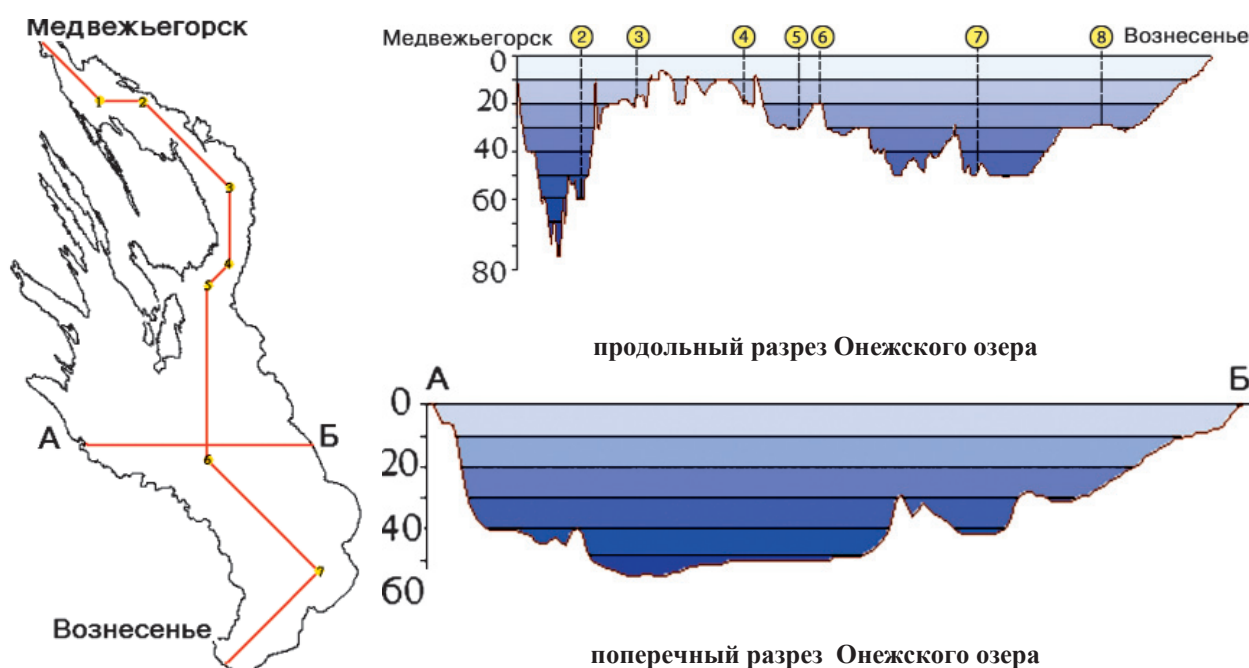
Авторы: А.А. Колодочка, О.В. Зимон

РЕЛЬЕФ ДНА ОЗЕРА



Автор: О.В. Зимон

СХЕМА ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ ДНА



М-6 1 : 4 000 000

Автор: О.В. Зимон

СХЕМА ГЛУБИННО-ЗОНАЛЬНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АКВАТОРИИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

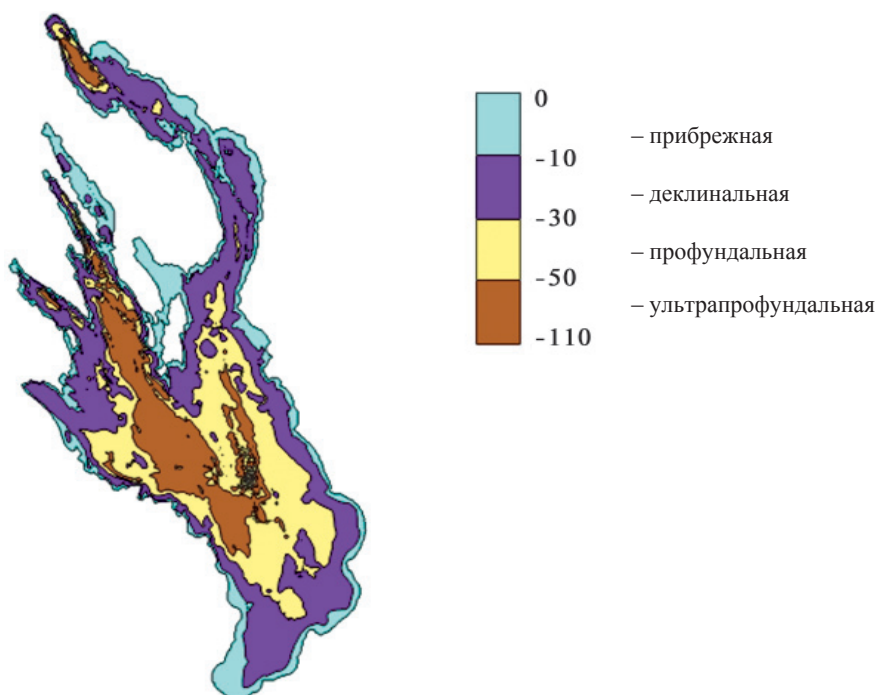
Схематизация глубинного районирования Онежского озера выполнена с помощью статистического подхода, предложенного в (Гусаков, Тержевик, 1992) для лимнического районирования Ладожского озера. Согласно этому методу границы между лимническими зонами проводятся по изобатам, имеющим значения среднеозерной глубины (D) и пары глубин: $(D - SD)$ и $(D + SD)$, где SD – оценка среднеквадратичного отклонения поля глубин. При лимническом районировании акватории Онежского озера статистические расчеты выполнены по данным сеточной (с приблизительно однокилометровым разрешением) аппроксимации батиметрической карты, построенной С.Ф. Рудневым. В результате получены следующие значения статистических параметров поля глубин: $D = 30$ метров и $SD = 20$ метров. Таким образом, на акватории Онежского озера были выделены четыре глубинные зоны: прибрежная, деклинальная (или склоновая), профундальная (или глубоководная) и ультрапрофундальная, морфометрические характеристики которых представляют наиболее крупные морфологические особенности озерной котловины.

Основные морфометрические характеристики глубинно-зональной структуры Онежского озера

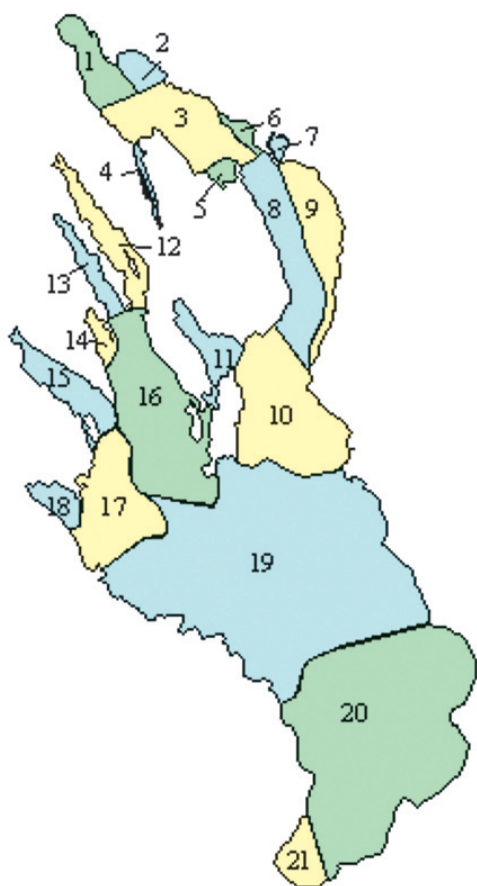
Зона (район)	Интервалы глубин, м	Площади, км ² /%	Объемы, км ³ /%	Средние глубины, м	Средние уклоны* дна, 10 ⁻³
Прибрежная	0–10	1841/19,0	9,2/3,2	5,0	9,61
Деклинальная	10–30	3342/34,5	67,1/23,0	20,1	9,38
Профундальная	30–50	2724/28,1	109,2/37,4	40,1	8,21
Ультрапрофундальная	50–100	178/18,4	106,3/36,4	59,5	11,50

* Среднеизобатические уклоны дна рассчитаны с помощью профильно-двумерной глубинно-зональной имитационной модели Онежского озера (Колодочка, 2003).

ЛИМНИЧЕСКИЕ ЗОНЫ



Авторы: А.А. Колодочка, О.В. Зимон



Лимнические зоны Онежского озера по Н.П. Предтеченскому:

1 – Большая губа Повенецкого залива, 2 – Повенецкое Онего, 3 – Шуныгское Онего, 4 – губа Святуха, 5 – Толвуйское Онего, 6 – Щучья губа, 7 – Челмужская губа, 8 – Кузарандское Онего, 9 – Пяльмское Онего, 10 – Малое Онего, 11 – Шхерный район, 12 – Уницкая губа, 13 – Лижемская губа, 14 – Илем-Горская губа, 15 – Кондопожский залив, 16 – Большое Онего, 17 – Петрозаводское Онего, 18 – Петрозаводская губа, 19 – Центральное Онего, 20 – Южное Онего, 21 – Свирское Онего

Составлено по данным Н.П. Предтеченского.

Автор: О.В. Зимон

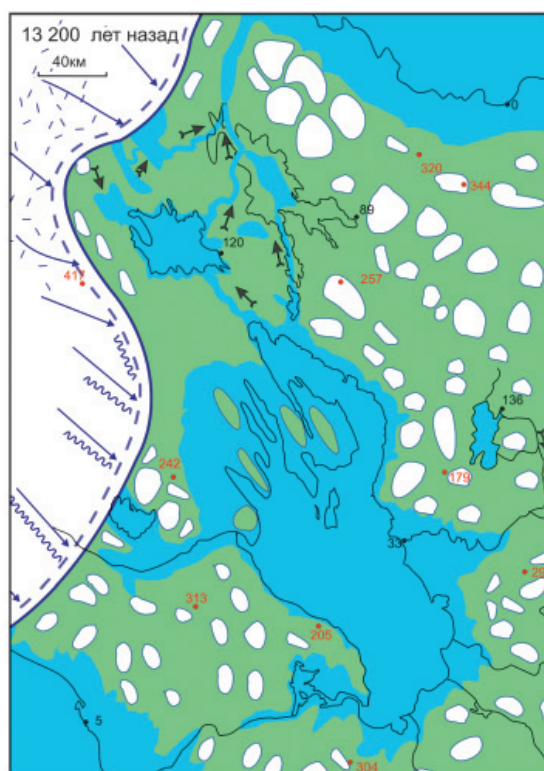
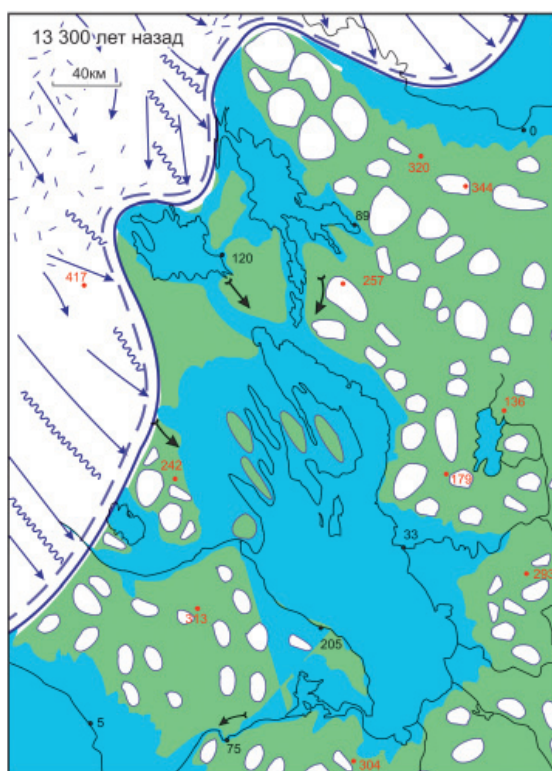
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КОТЛОВИНЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

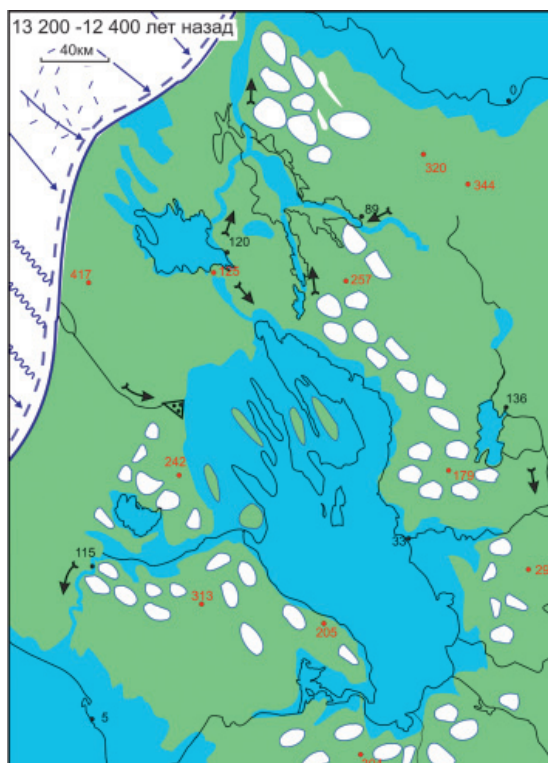
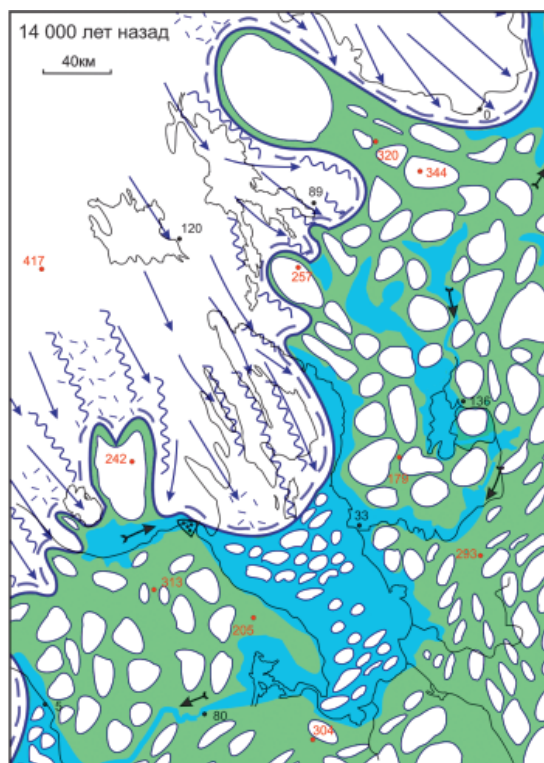
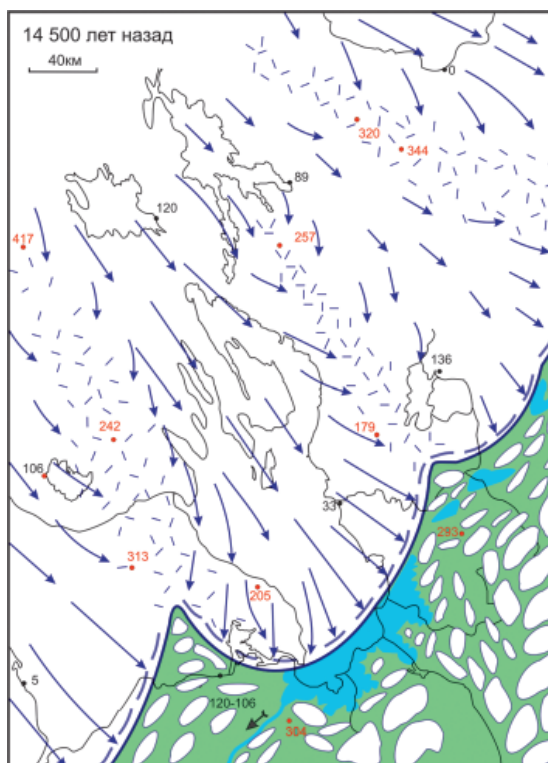
Около 15 000 календарных лет назад в ходе таяния последнего ледникового покрова и по мере отступления его края в котловине Онежского озера и на прилегающих низменностях начал формироваться крупный приледниковый водоем, размеры и уровни которого постоянно менялись.





Сток из водоема был направлен в Балтику сначала через сквозную долину рек Ошта – Тукша – Оять, а с 14 300 лет назад – через Пра-Свирь. В максимум своего развития около 13 300 лет назад Онежское приледниковое озеро охватывало также котловины современных озер Сегозеро, Выгозеро, Сямозеро. Вследствие неравномерного прогиба земной коры под нагрузкой ледника уровень древнего озера в северо-западной части достигал современных высот 140 м над уровнем моря, а на юго-восточном побережье – 80 м.






Около 13 300 лет назад озеро получает сток в Белое море, а чуть позднее – в Ладожское озеро через северную часть Онежско-Ладожского перешейка и р.Видлицу. Уровень озера падает на 20–25 м. Повторное открытие стока по р.Свири около 12 300 лет назад также вызвало резкое падение уровня озера на 20 м, причем в южной части водоема он стал ниже современного.

На протяжении голоцена при общей тенденции к понижению уровень водоема колебался в зависимости от гляциоизостатического поднятия территории, изменения количества атмосферных осадков, эрозионных процессов в долине р.Свири. Наиболее крупные понижения уровня имели место около 10 500, 9000, 7800 и 3200 календарных лет назад, а повышения – 11 600–11 300 и 8000 лет назад.





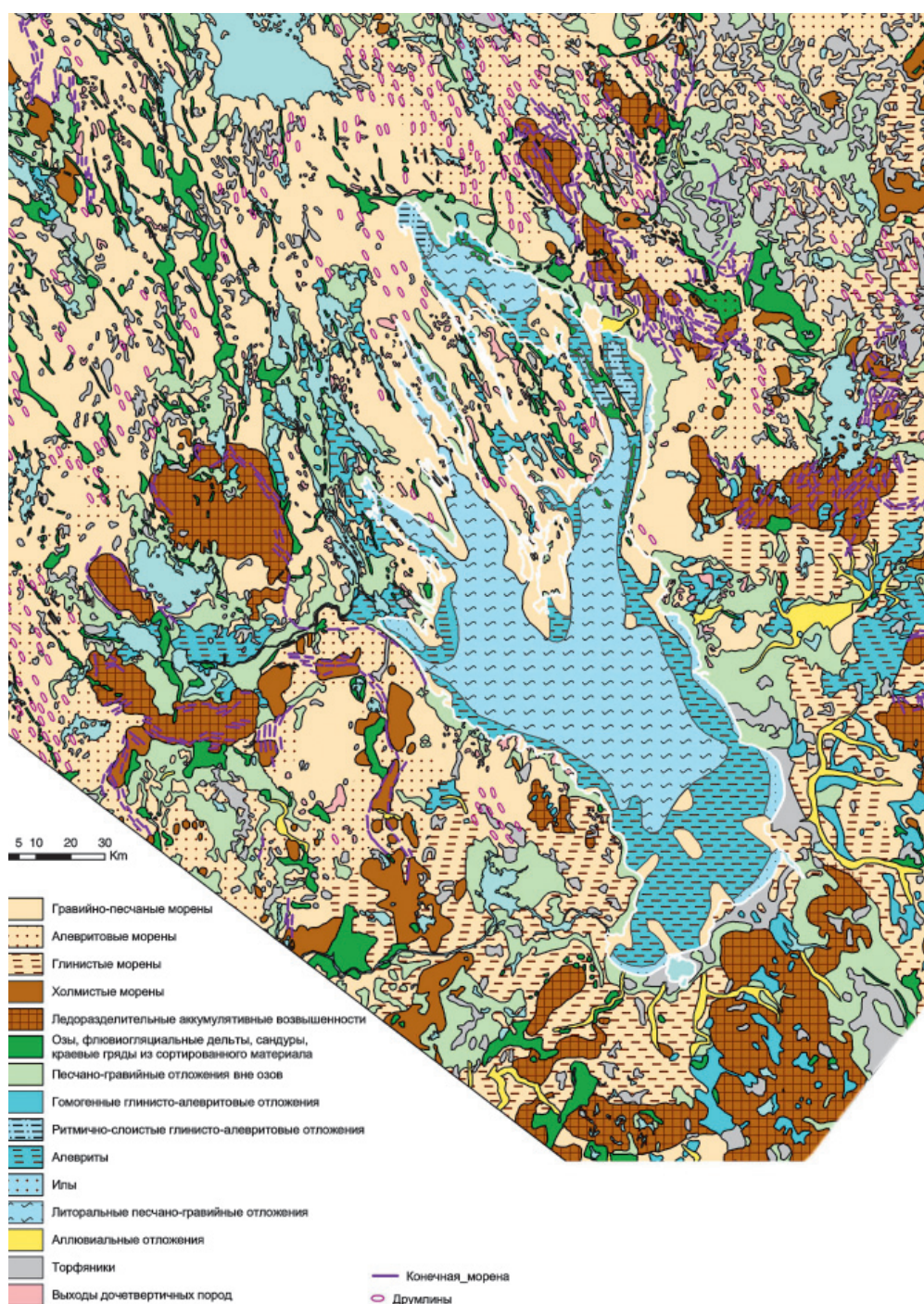
-  - активный ледниковый покров
-  - пассивный ледниковый покров
-  - трещины и туннели в леднике
-  - древние водоёмы и айсберги

-  - крупные массивы мёртвого льда
-  - направления стока
-  - современная гидросеть
-  - абсолютные высоты современной поверхности
-  - крупные древние дельты

Автор: И.Н. Демидов

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Котловина Онежского озера, расположенная в глубокой тектонической депрессии на границе Фенноскандинавского кристаллического щита и палеозойских осадочных пород Русской плиты, на протяжении всех плейстоценовых скандинавских оледенений была вмещением активных ледниковых потоков, а в межледниковые периоды – морских и пресноводных водоемов. Ледниковые и межледниковые, континентальные и морские образования раннего, среднего и позднего плейстоцена вскрыты скважинами под мореной последнего оледенения в депрессиях коренных пород вдоль западного и южного побережий Онежского озера, на Онежско-Ладужском перешейке и в юго-восточном Прионежье. Максимальная мощность четвертичных отложений достигает здесь 130–150 м, хотя в среднем мощность четвертичного покрова в рассматриваемом регионе составляет 7–10 м в его северной части и 10–20 м – в южной.



В ходе последнего поздневалдайского скандинавского оледенения весь водосборный бассейн озера перекрывался мощным движущимся материковым льдом, в значительной степени переработавшим подстилающие горные породы и сформировавшим обширные ледниковые равнины, сложенные моренами – валунными супесями, песками, реже суглинками. Ледниковые отложения наиболее широко распространены на рассматриваемой территории, и их мощность колеблется в пределах 1–10 м. Таяние ледникового покрова и отступление его края из водосборного бассейна озера происходило с юго-востока на северо-запад в интервале от 15 до 13 тысяч календарных лет назад. На начальных этапах деградации оледенения преобладал ареальный тип дегляциации, сопровождавшийся отчленением от краевой части ледника обширных площадей льда, впоследствии таявших на протяжении тысяч лет в виде полей, блоков и массивов так называемых мертвых льдов. После их таяния сформировались холмистые морены, камы, звонцы, термо- и гляциокарстовые воронки, обычно занятые озерами или болотами. Особенно широко они развиты в южном Прионежье и на Онежско-Ладожском перешейке в пределах ледораздельных аккумулятивных возвышенностей, формировавшихся на границах разнонаправленных ледниковых потоков. Примерно 14 тысяч лет назад начал преобладать фронтальный тип дегляциации – в условиях потепления климата пластичный и маломощный ледник интенсивно растекался по прочным кристаллическим породам ледникового ложа, но его фронт таял еще более интенсивно и быстро отступал на северо-запад. Для этого типа дегляциации характерно формирование полей друмлиновых гряд и песчано-гравийных флювиогляциальных отложений, слагающих озовые гряды, зандры и дельты. Они широко распространены в северо-западном Прионежье. В котловине Онежского озера и на прилегающих низменностях в позднеледниковье сформировался крупный приледниковый водоем, отложения которого представлены ленточными глинами и алевролитами, слагающими обширные озерно-ледниковые равнины в долинах рек Шуи, Суны, Водлы, а также песчаными террасами. Около 12 700 лет назад озеро утрачивает связь с отступившим в западную Карелию ледником, уровень водоема поэтапно падает, формируются озерные террасы, дюны и озерно-аллювиальные равнины в низовьях рек Водлы, Вытегры, Шуи и Суны. Значительное потепление и увлажнение климата около 10 000 календарных лет назад приводит к практически повсеместному развитию лесных ландшафтов, интенсивному заболачиванию территории, а также формированию органогенных отложений – сапропелей и диатомитов на дне небольших озер.

Автор: И.Н. Демидов

ГЛЯЦИОИЗОСТАТИЧЕСКИЕ ПОДНЯТИЯ ПОБЕРЕЖИЙ И ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЕЙ В ПОЗДНЕ- И ПОСЛЕЛЕДНИКОВЬЕ

В результате статической нагрузки мощных ледниковых покровов земная кора в ходе оледенений прогибалась, а после их таяния начинала воздыматься. Компенсационные гляциоизостатические движения земной коры отражались на сейсмической активности территорий, положении береговых линий, соотношении трансгрессий и регрессий водоемов. Поскольку мощность ледникового покрова была более значительна на севере, северные побережья Онежского озера испытали более значительное гляциоизостатическое поднятие по сравнению с южными. Линия изостатического равновесия (ось перекаса котловины) проходит от истока р. Свири на устье р. Водлы. Градиент перекаса котловины на 100 км составлял 13 300 календарных лет назад 30 м, 12 300 лет назад – 25–27 м, 11 000 лет назад – 18 м. Активизация гляциоизостатического поднятия северных берегов озера, вероятно, произошла в конце пребореального периода, около 11,6–11,3 тысяч лет назад, что вызвало мощную трансгрессию на южных побережьях Онежского озера и активизацию сейсмической активности в центральной Карелии в конце пребореального – начале бореального времени.

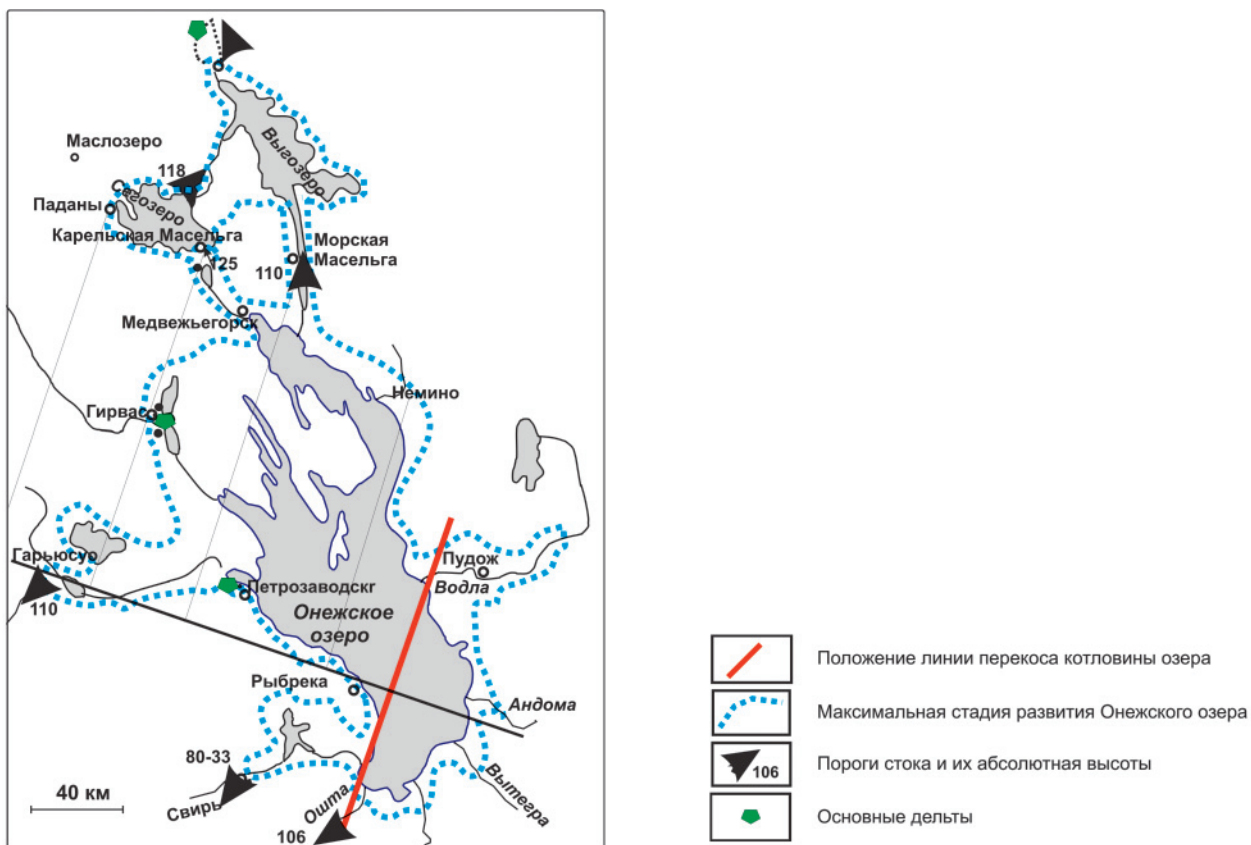


СХЕМА ПОДНЯТИЯ БЕРЕГОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

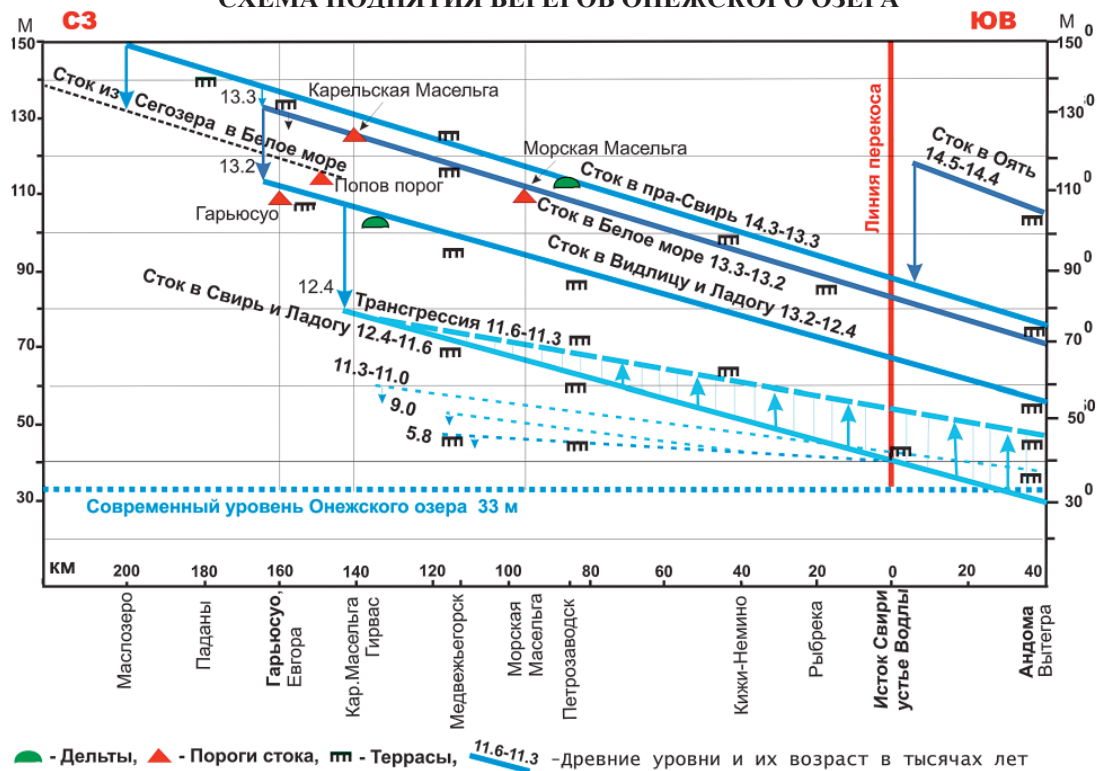
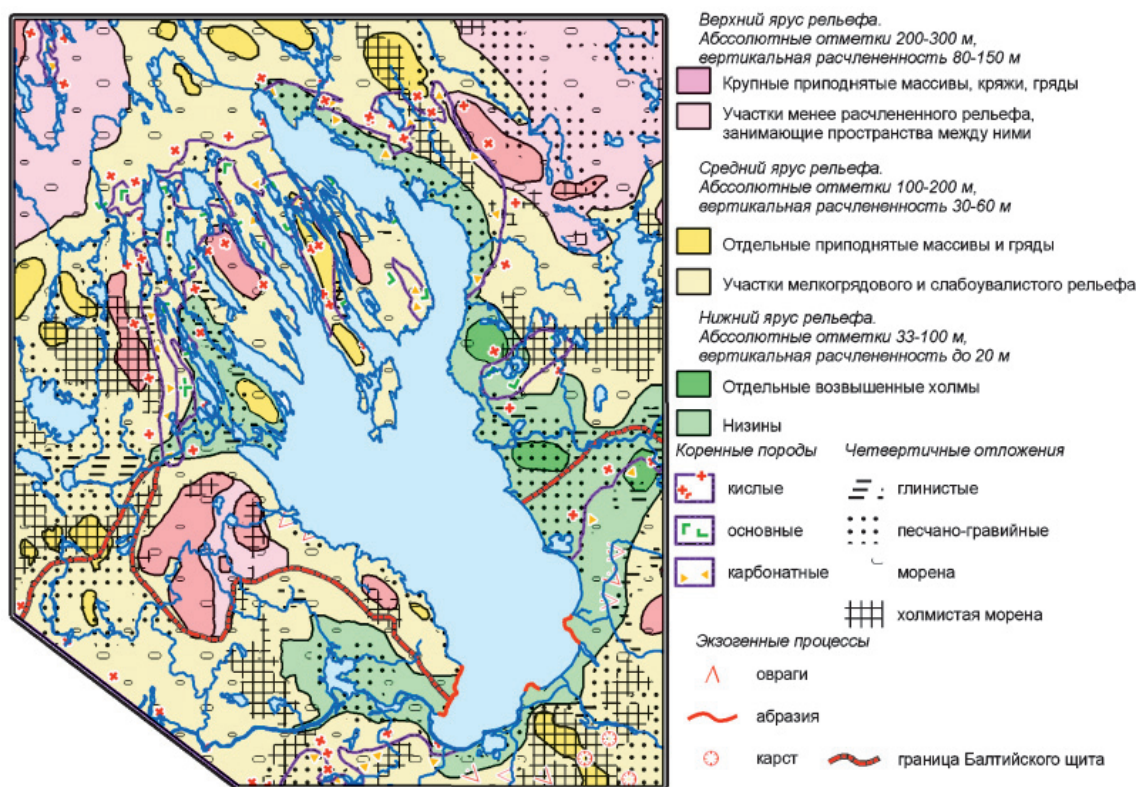


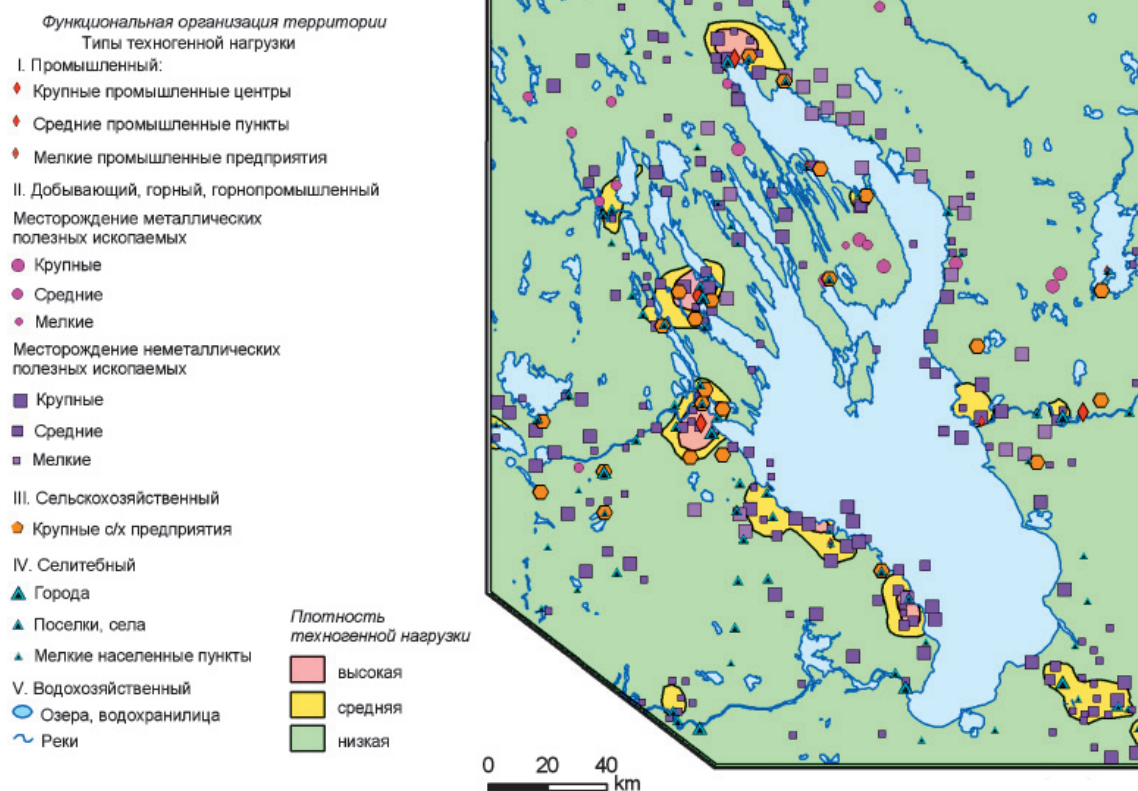
Диаграмма береговых образований и уровней Онежского озера в позднеледниковье и голоцене (по: Порывкин, 1971; Девятова, 1991; Демидов, 2006)

Автор: И.Н. Демидов

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ



Природные факторы



Внешние факторы

Внутренние факторы экогеосистемы (ЭГС) отражают природные условия миграции и накопления химических элементов и включают ландшафтные, геоморфологические особенности территории, состав и строение слагающих пород.

В геоморфологическом отношении изучаемая территория представляет собой сочетание форм доледникового денудационно-тектонического и форм ледникового и послеледникового эрозионного и аккумулятивного рельефов. В пределах исследуемой территории выделено три яруса рельефа: верхний, средний и нижний. Геоморфологические особенности территории определяют условия поверхностного стока.

Условия накопления и миграции элементов в значительной мере зависят от состава и строения слагающих пород. По составу *коренные породы* и *четвертичные отложения* объединены в крупные комплексы, характеризующиеся однотипными характеристиками водопроницаемости и сорбционной способности.

Экзогенные процессы отражают геодинамическую экологическую функцию литосферы и развиты преимущественно в южной части территории. Важнейшим фактором развития эрозии, карста и абразии является наличие легкоразмываемых и растворимых пород.



К внешним факторам ЭГС относится техногенное воздействие на компоненты системы. В пределах бассейна Онежского озера выявлено три уровня плотности техногенной нагрузки. Высокий уровень характерен для крупных городов и прилегающих территорий и формируется здесь за счет промышленного и транспортного типов техногенной нагрузки. Отдельные участки, характеризующиеся средним уровнем техногенной нагрузки, в значительной мере связаны с большим количеством горнодобывающих предприятий. На большей части территории фиксируется низкая плотность техногенной нагрузки, ведущим типом ЭГС здесь является лесохозяйственный.

Автор: Н.В. Крутских

СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ



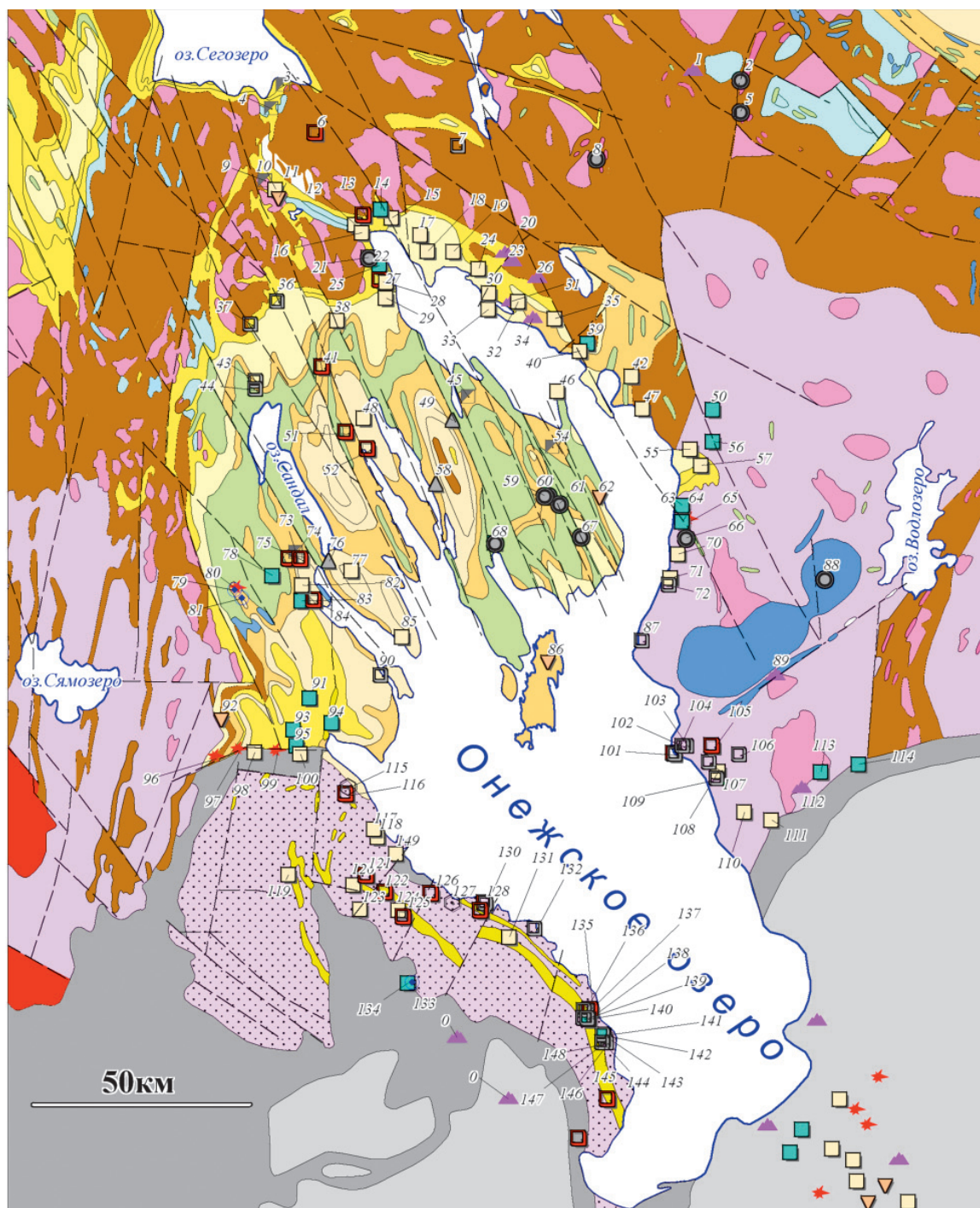
Условные обозначения:

Стратиграфическая шкала						Абсолютный возраст (млн.лет)	Осадочные, вулканогенные образования	Интрузивные образования.									
Общая				Региональная													
Акротема	Эпохема	Эратема	Система	Над- горизонт	Горизонт												
Протерозойская	Фанерозойская	Палеозойская	Каменно- угольная			360	 Известняки, мергели, глины.  Песчаники и глины.										
						Девон- ская											
												Верхнепротерозойская					
						Нижнепротерозойская	Верхнекарельская										
			Вепсский														
	Калевийский																
			Людиковийский														
	Заонеж- ский																
			Суйсар- ский														
	Нижнекарельская																
			Ятулийский														
Онежский																	
			Сегозер- ский														
Сарио- лийский																	
			Сумий- ский														
Архейская	Верхнеархейская	Верхне- лопийская															
			Средне- лопийская														
																	Нижне- лопийская

Составлена с использованием материалов: Геологическая карта Карельского региона Балтийского щита / Под ред. В.А. Соколова. 1980.

Авторы: А.И. Голубев, Д.В. Рычанчик, А.К. Полин

СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 2. Металлические полезные ископаемые
- 3.1. Горно-техническое сырье
- 3.2.1. Минерально-строительное сырье
- 3.2.2. Глинистые породы
- ▼ 3.2.3. Карбонатное сырье
- ★ 3.2.4. Минеральные краски
- 3.2.5. Песок и песчано-гравийный материал
- 3.2.6. Строительный камень
- ▲ 3.2.7. Сырье для производства легких заполнителей
- ⊙ 3.3. Кристаллическое и камнесамоцветное сырье, поделочные камни
- ⊙ 4. Подземные воды и лечебные грязи

ОПИСАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Горючие полезные ископаемые

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
1	Шоштамох	торф
20	Лепкозерское II № 1495	торф
23	Габсельга	торф
26	Дедовское	торф
31	Оровгубское № 1362	торф
34	Болото № 38	торф
89	Ялганда № 1367	торф
112	Узкий Мох	торф

2. Металлические полезные ископаемые

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое	Сопутствующие полезные ископаемые
2	Лебяжинское	никель	медь, кобальт
5	Светлоозерское	никель	медь, кобальт
8	Рыбозерское	золото	
21	Воронов Бор	медь	
59	Весеннее	ванадий	уран, золото
60	Средняя Падма	ванадий	уран, золото
61	Верхняя Падма	ванадий	уран, золото
66	Пудожгорское	железо	титан, платина
67	Царевское	ванадий	уран
68	Космозеро	ванадий	уран
88	Аганозерское	хром	

3. Неметаллические полезные ископаемые

3.1. Горно-техническое сырье

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
3	Каллиев-Муреннен-ваара	тальковый камень
4	Турган-Койван-Аллуста	тальковый камень
9	Фенькина Лампи	кварц
45	Шунгское	шунгитовые породы
53	Забогинское	шунгитовые породы
54	Забогинское, Максавская залежь	шунгитовые породы
73	Хавчозерское	пироксеновый порфирит

3.2. Минерально-строительное сырье

3.2.1. Блочный камень

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
7	Ванжозеро	гранит
36	Ялгамское	сланец
37	Палосельгское	сланец
43	Белогорское	мрамор
44	Миногоорское	мрамор
72	Сиверское	гранит
87	Оровгубское	гранит
90	Лайвостровское	туфовый сланец
101	Гоношиха	гранит
102	Восход	габбро-диабаз
103	Большой Массив-2	габбро-диабаз
106	Кашина Гора	гранит
107	Немецкая Гора	гранит
109	Гора Токимовка	гранит
128	Шокшинское (участок Южный)	кварцит
132	Брусненское	кварцитопесчаник
136	Роп-Ручей-4	габбро-диабаз
137	Роп-Ручей	габбро-диабаз
138	Роп-Ручей-1	габбро-диабаз
139	Роп-Ручей-2	габбро-диабаз
141	Другорецкое (ЮВ площадь Северного участка)	габбро-диабаз
142	Другорецкое-3	габбро-диабаз
144	Южный-2	габбро-диабаз
145	Участок Центральный Другорецкий	габбро-диабаз
146	Южный участок Другорецкого месторождения	габбро-диабаз
147	Средний участок Другорецкого месторождения	габбро-диабаз
148	Другорецкое	габбро-диабаз

3.2.2. Глинистые породы

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое	Сопутствующие полезные ископаемые
14	Лумбушское	глина	
25	Пергубское	глина	
39	Шойваны	глина	суглинок
50	Иссельга на УЖД	глина	суглинок
56	Набосельга	суглинок	
63	Нярское	глина	
64	Шурово	глина	
69	Великогубское	глина	
78	Вороновское	глина	
83	Задельское	глина	
91	Шуйское	глина	суглинок
93	Бесовецкое	глина	
94	Лех-Наволоцкое	глина	
95	Сулажгорское	глина	
113	Участок Гурьевский	глина	
114	Коловское	глина	
134	Ивинское	глина	
140	Рыборецкое	суглинок	
143	Другая Река	суглинок	

3.2.3. Карбонатное сырье

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
11	Медвежьегорское 1	известняк
62	Кузарандовское	доломит
86	Оленеостровское	доломит
92	Виданское	доломит

3.2.4. Минеральные краски

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
65	Ново-Поселковское	минеральные краски
80	Дворцовское	минеральные краски
96	Руозмеручейское	минеральные краски
97	Половининское	минеральные краски
99	Вилгинское	минеральные краски

3.2.5. Песок и песчано-гравийный материал

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое	Сопутствующие полезные ископаемые
10	Остречье	песок	
12	Медвежьегорское	песчано-гравийный материал	
15	Вичка	песчано-гравийный материал	
16	Медвежья Гора	песок	
17	Пиндушское	песчано-гравийный материал	песок
18	Сандармох	песок	
19	Пятый шлюз	песок	
22	Григоручей	песчано-гравийный материал	
24	8 км	песчано-гравийный материал	
27	Лобская Гора	песчано-гравийный материал	
29	Озеро Тунат	песчано-гравийный материал	
30	Черная Губа	песчано-гравийный материал	
32	Габсельга	песчано-гравийный материал	
33	Оровгуба	песок	
35	Лобское	песчано-гравийный материал	
38	Уница	песчано-гравийный материал	
40	Возрицы	песчано-гравийный материал	
42	Немино	песок	
46	Салостровское	песчано-гравийный материал	
47	69 км	песчано-гравийный материал	
48	Викшрека	песок	

55	Филиппа	песчано-гравийный материал	
57	Пяльма	песчано-гравийный материал	
70	Туба	песчано-гравийный материал	
71	Щучье	песчано-гравийный материал	
77	Сосновый Бор	песчано-гравийный материал	
82	Сунско-Кончезерское	песчано-гравийный материал	
85	Кулмуksинское	песчано-гравийный материал	
98	Вилга	песчано-гравийный материал	
100	Сулажгорское	песок	
108	Шальское	песок	
110	Сустрешское	песчано-гравийный материал	песок
111	Сустрежа	песок	
117	Деревянская Губа-2	песок	
118	Деревянская Губа	песок	
119	Шапшозеро	песок	песчано-гравийный материал
120	Деревянское	песчано-гравийный материал	
123	Пяжиева Сельга	песчано-гравийный материал	
124	Пухта	песчано-гравийный материал	
131	Яни-Губа	песок	
149	Деревянская Губа	песок	

3.2.6. Строительный камень

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое	Сопутствующие полезные ископаемые
6	Плейша-Ваара	гнейсо-гранит	
13	Серый Карьер	гнейсо-гранит	
28	Лобское	гнейсо-гранит	
41	Ситозерское	диабаз	
51	Наволоцкое	диабаз	
52	Лижемское	габбро-диабаз	
74	Восозерское	габбро-диабаз	
75	Западно-Кондопожское	габбро-диабаз	
84	Кондопожское	габбро-диабаз	
104	Большой Массив	гранит	габбро-диабаз
105	Большой Массив-4	гранит	
116	Онежское	кварцит	долерит
121	Голодай Гора	габбро-диабаз	
122	Гора Железная	габбро-диабаз	
125	Пухтица	габбро-диабаз	
126	Пухтинское	кварцитопесчаник	
129	Шокшинское (уч. Северный)	кварцитопесчаник	
130	Шокшинское	диабаз	
135	Рыборецкое	кварцитопесчаник	габбро-диабаз, сланец

3.2.7. Сырье для производства легких заполнителей

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое	Сопутствующие полезные ископаемые
49	Мягрозерское	аргиллиты	алевролиты
58	Красносельгское	сланец	
76	Нигозерское	шунгитовые породы	

3.3. Кристаллическое и камнесамоцветное сырье, поделочные камни

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
115	Каменноборское	кварцит
127	Прионежское	кварцит

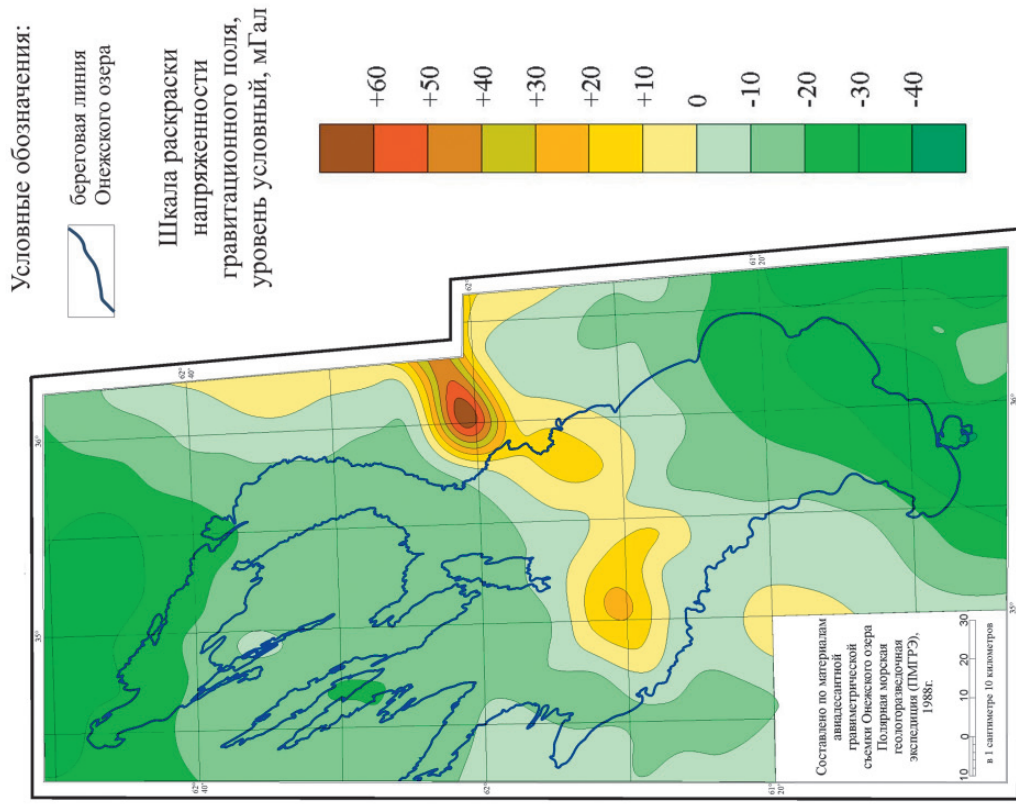
4. Подземные воды и лечебные грязи

№ на карте	Название	Основное полезное ископаемое
79	Марциальные воды	Железистые минеральные воды
81	Габозеро	Минеральные лечебные грязи
133	Ладвинское	Пресные питьевые воды

Составлена с использованием материалов: Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Книги 1, 2. Петрозаводск, 2006.

Авторы: А.И. Голубев, Д.В. Рычанчик, А.К. Полин

АНОМАЛИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ



Гравитационные аномалии (редукция Буге)
Автор: А.А. Сааров (ФГУ НПШ «ПМГРЭ», г. Ломоносов)

ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ

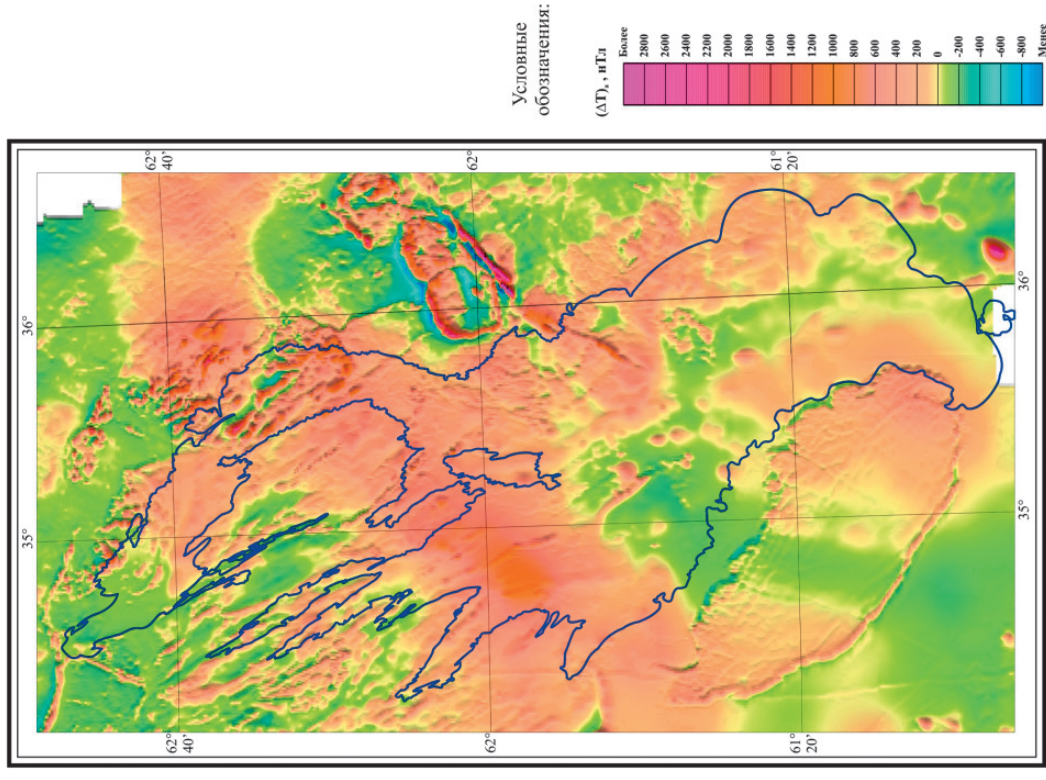
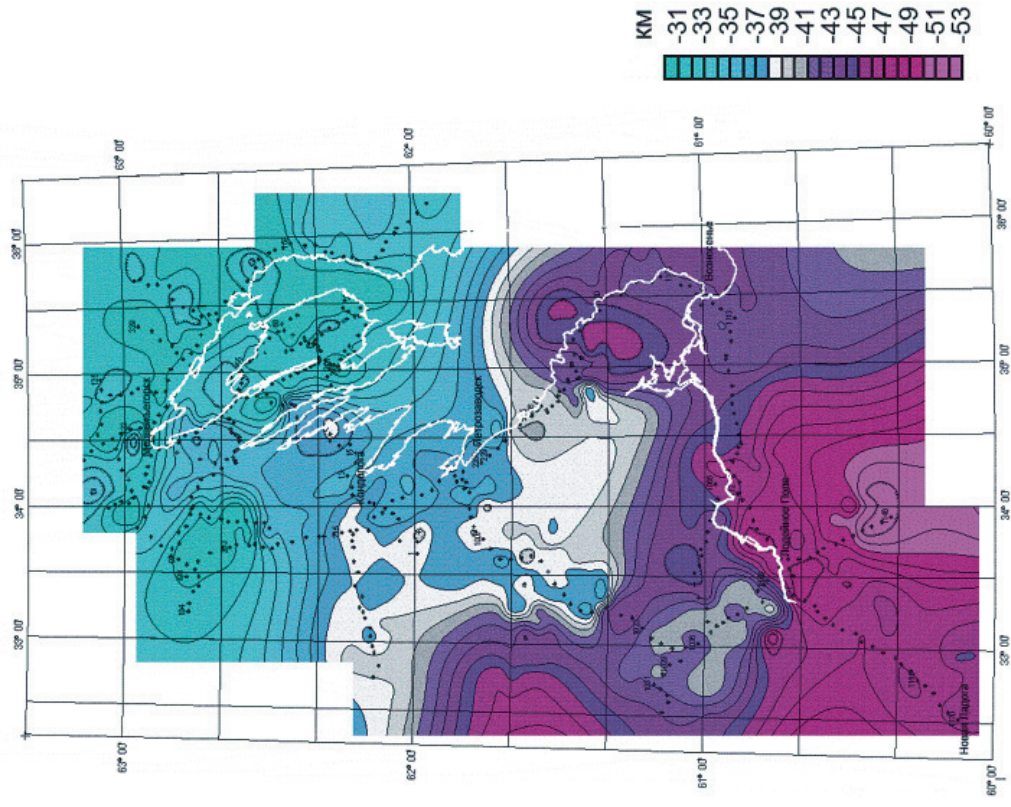
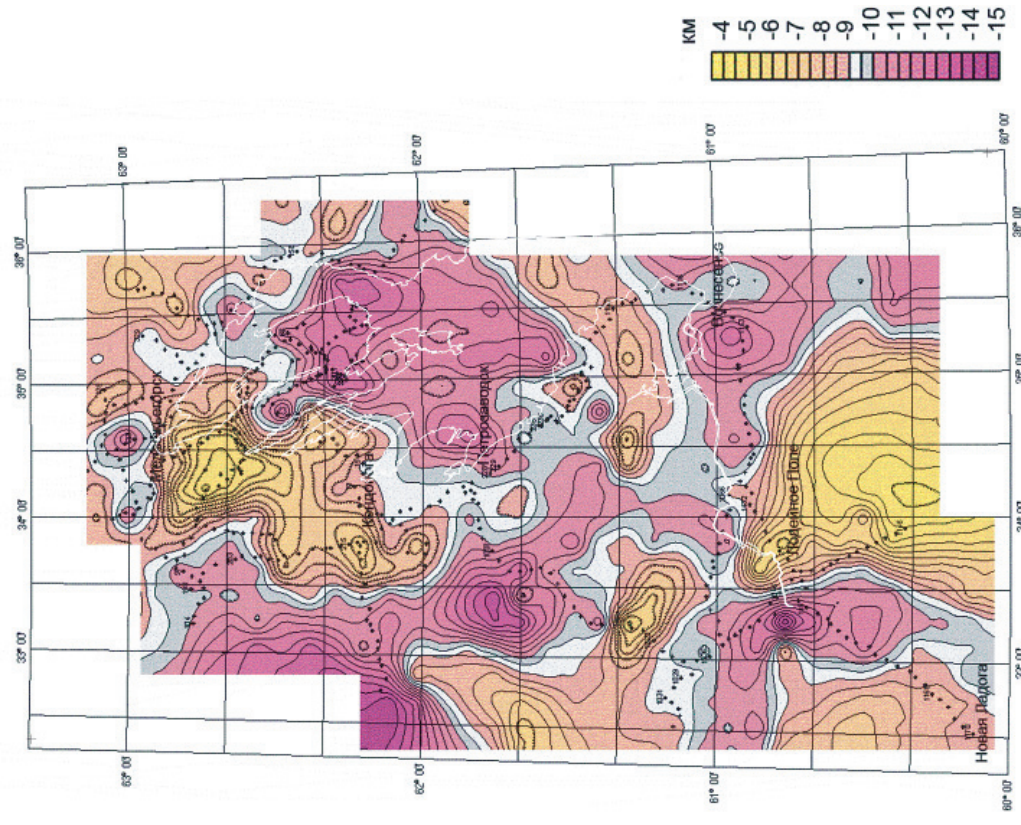


Схема аномального магнитного поля
Автор: А.А. Сааров (ФГУ НПШ «ПМГРЭ», г. Ломоносов)

МОЩНОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ И КОРОМАНТИЙНОГО ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ



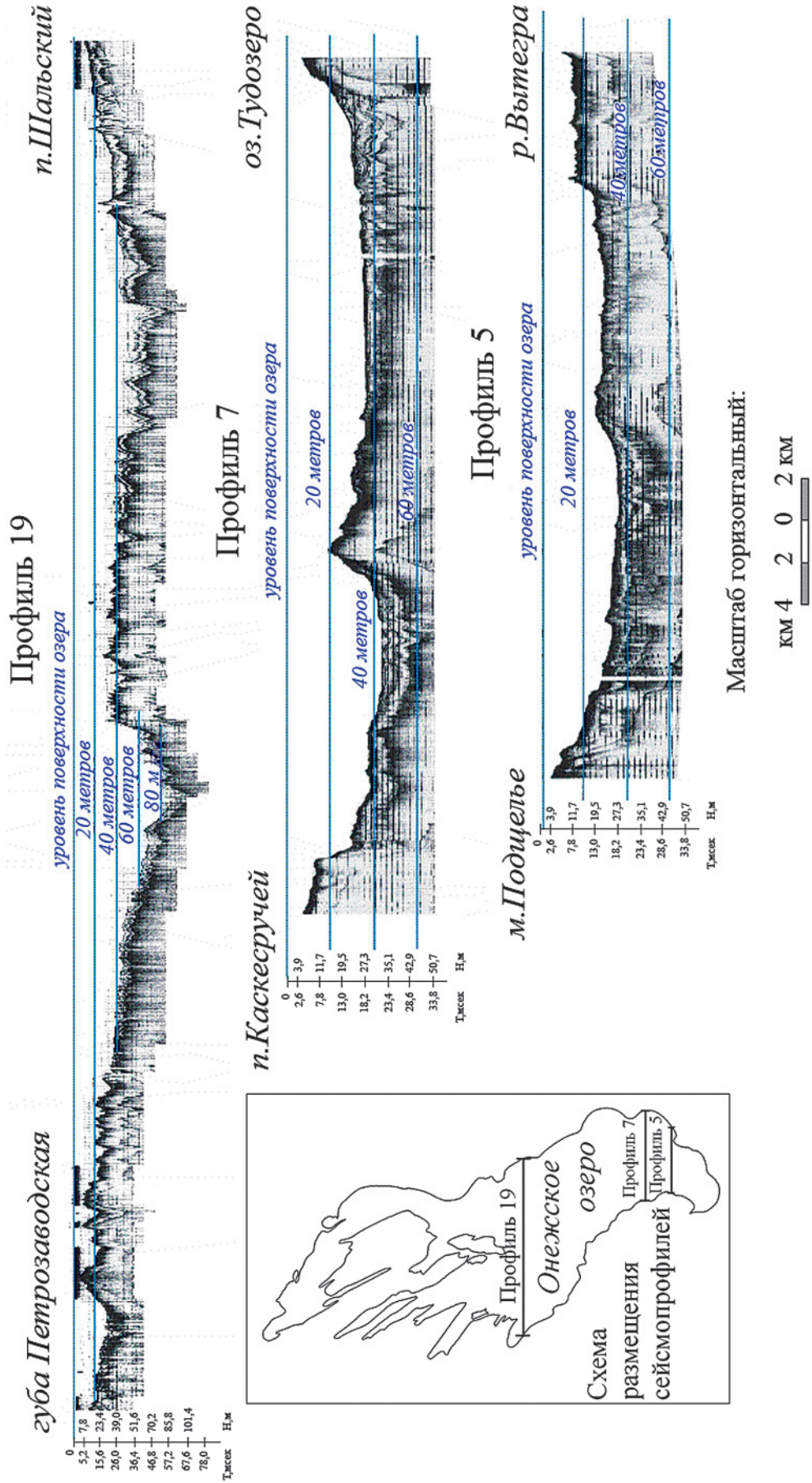
Мощность земной коры по границе M_1



Мощность коромантийного переходного слоя

Авторы: Э.В. Исанина, С.И. Южанинова

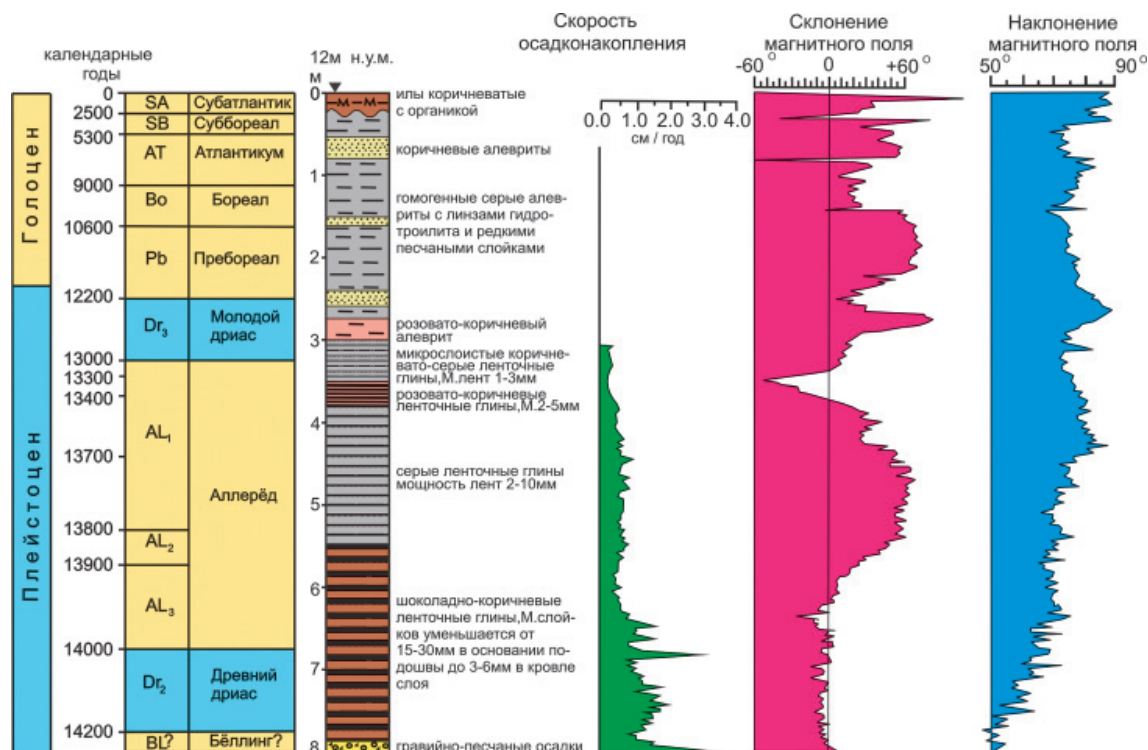
СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ ПРОФИЛЕЙ 19, 7 И 5 (ЦЕНТРАЛЬНАЯ И ЮЖНАЯ ЧАСТИ ОЗЕРА)



Автор: В.А. Дьямов
(Составлено по материалам ГСШ м-ба 1 : 500 000, работы ФГУ НПП «ПМГРЭ» 1997–2000 гг.)

СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Донные отложения представлены озерно-ледниковыми ленточными глинами позднеледниковья, перекрытыми озерными алевритами и илами голоцена. Ленточные глины мощностью до 8 м формировались в приледниковом водоеме и обычно залегают на морене последнего поздневалдайского оледенения на большей части дна озерной котловины, а также в пределах прилегающих низменностей до абсолютных высот 80–90 м. Глины обычно серого или коричневого цвета, встречаются розовые и почти черные. Мощность годичных слойков – варв, отражающая скорость осадконакопления, изменяется от первых сантиметров в основании толщ до первых миллиметров в ее кровле. Глинистые фракции донных отложений представлены кварцем, полевыми шпатами, амфиболами, слюдами и хлоритами. Реже встречается кальцит, шунгит, каолинит и тальк.

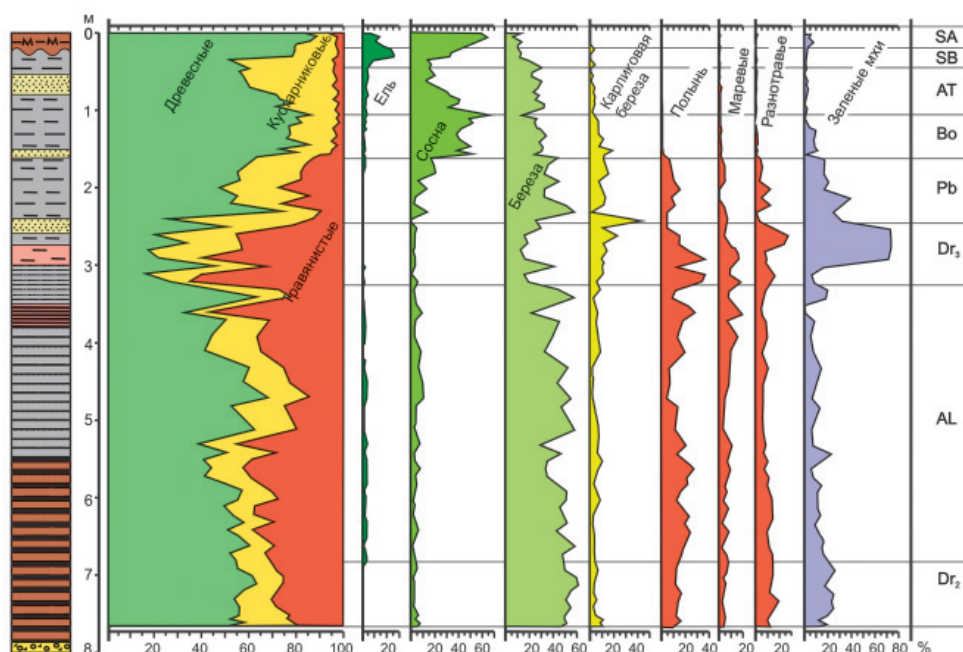


Донные отложения Онежского озера (с использованием данных: Säärnisto, Säärinen, 2001)

На основании палеонтологических и геохронологических исследований в ленточных глинах выделяются слои, относимые к бёллингу, среднему дриасу, аллерёду и молодому дриасу, формировавшиеся в интервале 14 200–12 900 календарных лет назад. В начале молодого дриаса, после отступления края ледника из водосборного бассейна Онежского озера, в водоеме началось отложение гомогенных алевритов, а во время атлантического периода – климатического оптимума голоцена около 9–6 тысяч лет назад – началось осаднение илов. На протяжении позднеледниковья и голоцена уровень Онежского озера неоднократно изменялся при общей тенденции к снижению. Наиболее крупные падения уровня озера вызывали окисление донных отложений, формирование коричневатых прослоев глин и алевритов, а также врезание рек и, как следствие, привнос песчаных частиц в водоем и формирование слойков песчаных отложений.

За время формирования разреза донных отложений Онежского озера положение магнитного поля Земли неоднократно менялось, что оказало влияние на ориентацию удлиненных частиц магнитных минералов при их осаднении в водоеме. Определение склонения и наклонения магнитного поля Земли в толще донных осадков позволяет определять их возраст.

БИОСТРАТИГРАФИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА



Спорово-пыльцевая диаграмма (по данным Н.Б. Лавровой, 2004)

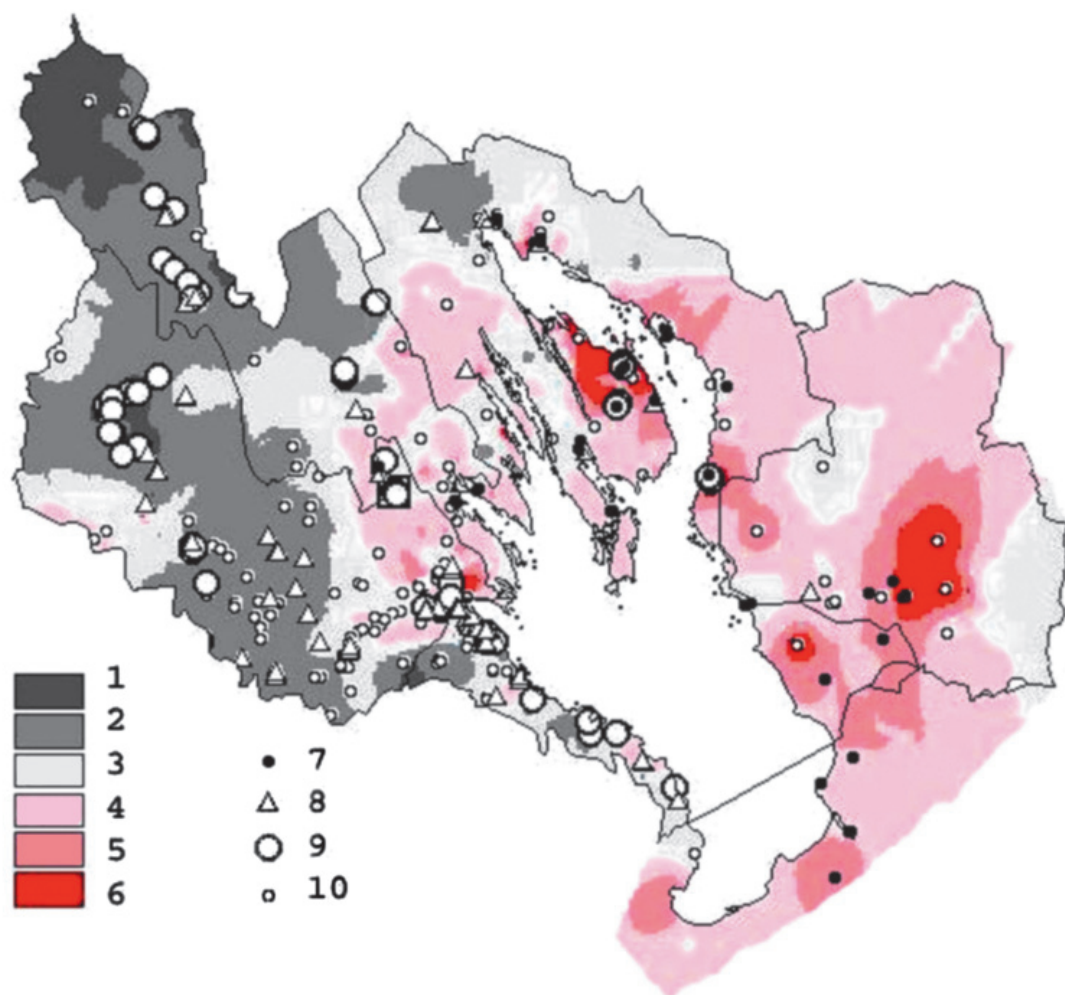
Донные отложения содержат ископаемые останки водных организмов, а также пыльцу и споры растений, позволяющие установить природные условия в бассейне озера на разных этапах его формирования. В позднеледниковье на водоразделах преобладали ландшафты арктических пустынь, сменившиеся по мере отступления ледника тундровой и лесотундровой растительностью. Северотаежные леса распространились 10 500 календарных лет назад, среднетаежные – 9500 лет назад. Во время атлантического периода – климатического оптимума голоцена – климат региона был теплее современного и на водоразделах произрастали южнотаежные еловые леса с участием широколиственных пород.

Авторы: И.Н. Демидов, Н.Б. Лаврова

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ СХЕМА ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ

Основная часть водосборной площади Онежского озера входит в состав Балтийского бассейна трещинных вод, где основной водоносный горизонт, имеющий повсеместное распространение, приурочен к верхней трещиноватой зоне кристаллического массива. Южная и юго-восточная часть территории относится к окраинам артезианских бассейнов Русской платформы. Практически на всей территории развиты поровые грунтовые воды рыхлых отложений четвертичного покрова, имеющие гидравлическую связь с трещинными водами.

На карте приведено гидрогеохимическое районирование территории по условиям распространения подземных вод разной минерализации и состава в пределах верхнего гидрогеохимического этажа (до глубин регионального базиса дренирования). Основным картографируемым элементом (цветная закрашка) является качественная характеристика подземных вод верхнего гидрогеохимического этажа, к которому приурочены их основные ресурсы. В западной части водосборной площади распространены воды с минерализацией до 0,3 г/л преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевые. В центральной и восточной части преобладают подземные воды с минерализацией до 0,5 г/л (иногда до 1 г/л) хлоридно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого или натриевого состава. Отдельными скважинами вскрываются воды нижнего гидрогеохимического этажа с минерализацией более 1 г/л хлоридного натриевого состава. На карте знаками показаны участки широкого распространения вод с высоким содержанием железа и радона. В их число входят известное месторождение железистых минеральных вод «Марциальные воды» (Fe^{+2} до 120 мг/л) и многочисленные проявления минеральных радоновых вод (Rn более 185 Бк/л).



1–6 – минерализация подземных вод (г/л): 1 – до 0,1; 2 – до 0,2; 3 – до 0,3; 4 – до 0,4; 5 – до 0,5; 6 – до 1,0; 7 – скважины с минерализацией более 1 г/л; 8 – концентрация нитратов более 45 мг/л; 9 – концентрация радона более 185 Бк/л; 10 – концентрация железа более 1 мг/л

Главной особенностью подземных вод кристаллического массива является их почти повсеместная незащищенность от загрязнения. Основное антропогенное воздействие на подземные воды региона связано с хозяйственно-бытовым загрязнением. На карте показаны участки загрязнения подземных вод нитратами, приуроченные исключительно к населенным пунктам.

Автор: Г.С. Бородулина

ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОФИЗИКА, КЛИМАТ

ГИДРОГРАФИЯ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ВОДОСБОРА

Онежское озеро – один из крупнейших водоемов нашей страны. Озеро дренирует значительную территорию, различную по геологическому строению, рельефу, орографии и гидрографии. В естественном состоянии озеро принимало сток с водосборного бассейна площадью 53 100 км². Площадь самого водоема составляла 9720 км². После строительства в 1953 г. на р. Свири Верхне-Свирской ГЭС озеро стало водохранилищем, и его водосборная площадь увеличилась до 57 300 км², а площадь водохранилища (включая Ивинский разлив) – до 9840 км² (Государственный водный кадастр. Т. 1. РСФСР. Вып. 5. Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озер. Л., 1986).

Около 70 % территории бассейна относится к Республике Карелия, остальная часть расположена в Ленинградской, Вологодской и Архангельской областях.

Характерными особенностями водной сети бассейна являются: преобладание малых по площади и длине рек, ступенчатость их продольных профилей, большие общие и удельные падения рек, высокая порожистость русел и озерность водосборов. Гидрографическую сеть бассейна Онежского озера образуют 6765 рек общей длиной 22 741 км и 9516 озер общей площадью 13 441 км². Максимальное количество водотоков (95 %) составляют малые, длиной менее 10 км, и лишь 8 рек имеют протяженность более 100 км. Коэффициент густоты речной сети равен 0,44, причем его значение в северной части значительно выше, чем в южной. Притоками Онежского озера являются 1152 реки, из которых лишь 52 имеют длину более 10 км. Более половины бассейна занято водосборами трех главных его притоков: рек Шуи (площадь водосбора 10,1 тыс. км²), Суны (7,7 тыс. км²), Водлы (13,7 тыс. км²). Вытекает из озера лишь одна река – Свирь – крупнейший приток Ладожского озера.

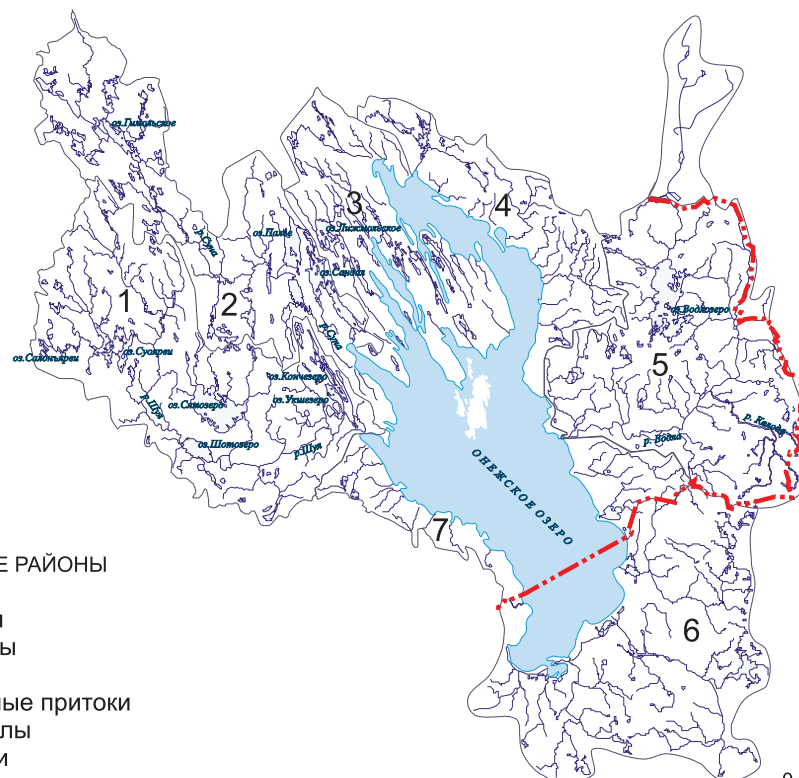


Большую часть водоемов (9144, или 96 %) составляют озера площадью менее 1 км², однако в сумме их площадь не превышает 5 % (671,7 км²). К наиболее крупным относятся Водлозеро (322 км²), Сямозеро (266), Сандал (185), Палье (109), Лижмозеро (84,8 км²). Озерность рек в северной части водосбора Онежского озера изменяется от 3 до 18, а в южной – от 1 до 3 %; заболоченность – 5–20 %, а в бассейне Водлы она достигает 24 %.

Гидрологическая изученность бассейна Онежского озера – одна из наиболее высоких на Европейском Севере. Сток в озеро фактическими измерениями контролируется на площади около 40,6 тыс. км² (72 % территории). Значения среднегогодового стока по водосбору Онежского озера изменяются от 8 л/с с км² в северо-западной до 14 в восточной части бассейна, хотя в отдельных речных бассейнах с аномальным режимом наблюдаются модули до 15–16 л/с с км². Пространственная изменчивость годового стока определяется неоднородностью геоморфологического строения бассейна, гидрогеологических условий, различиями в растительном покрове и неравномерностью выпадения осадков по территории. В последние годы усиливается влияние антропогенного фактора на ландшафтные характеристики бассейна, что может отразиться на количественных показателях стока. Основные реки бассейна – Водла, Шуя, Суна, Андома. Сток этих рек составляет около 60 % от общего притока в озеро. Суммарный среднегогодовой сток в Онежское озеро равен 17,8 км³.

По характеру распределения стока внутри года реки бассейна относятся к восточноевропейскому типу, с высоким половодьем весной, низкими летней и зимней меженьями и повышенным стоком осенью. С учетом величины озерности внутригодовое распределение стока можно принять следующим: весна – 42–55 %, лето-осень – 37–43 % и зима – 8–25 %.

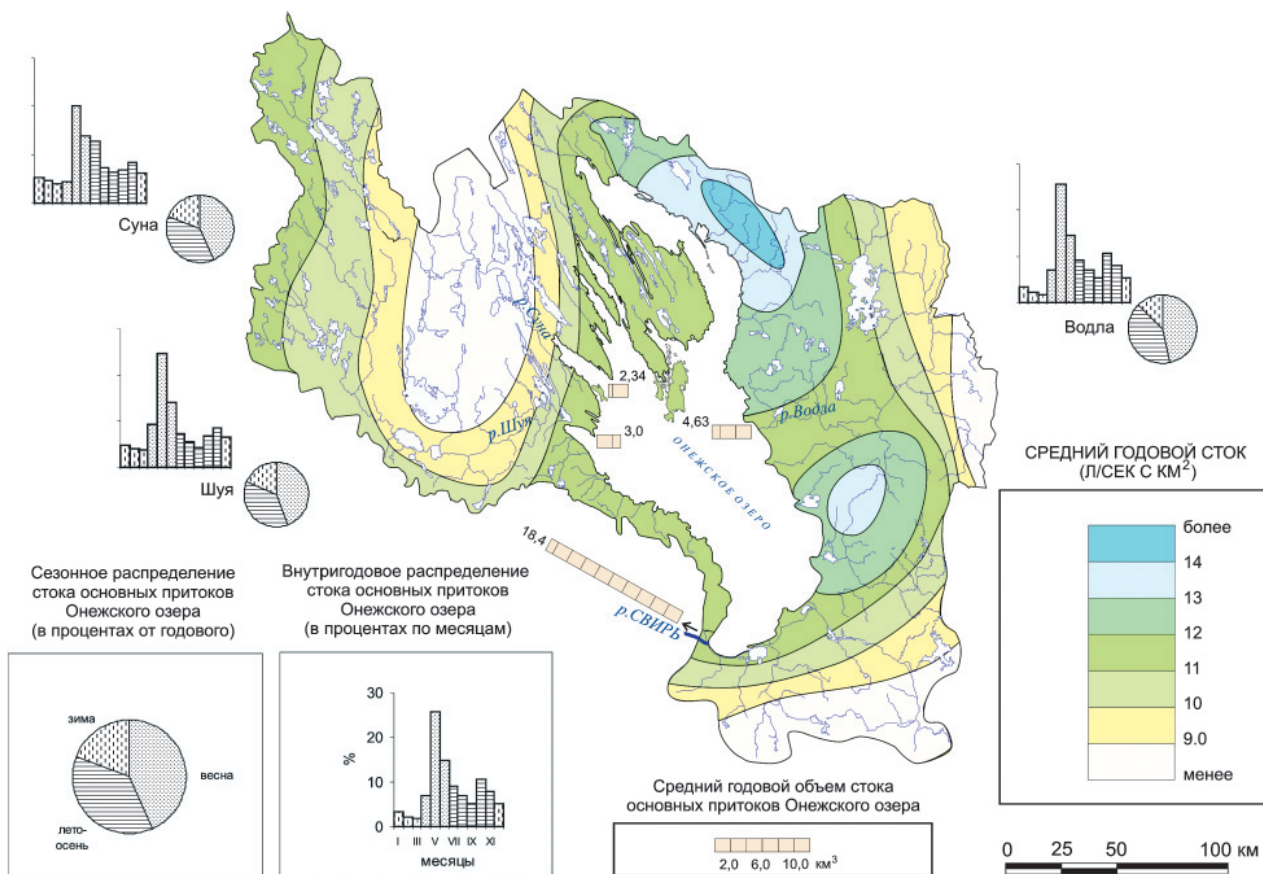
ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА



ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ

- 1 - Бассейн р. Шуя
- 2 - Бассейн р. Суны
- 3 - Заонежье
- 4 - Малые восточные притоки
- 5 - Бассейн р. Водлы
- 6 - Южные притоки
- 7 - Малые западные притоки

0 25 50 100 км



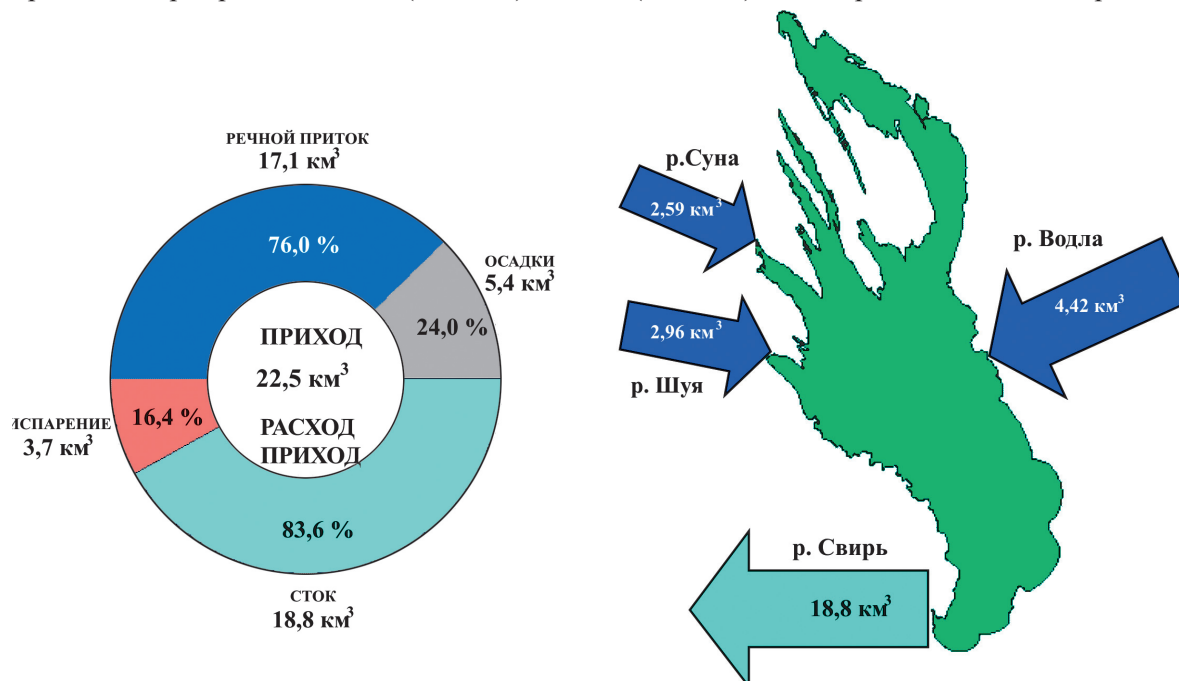
Средний годовой сток и внутригодовое распределение стока по основным притокам Онежского озера

Авторы: В.А. Карпечко, А.В. Литвиненко, М.С. Богданова

СТРУКТУРА МНОГОЛЕТНЕГО ВОДНОГО БАЛАНСА

В приходной части водного баланса озера основной составляющей является речной приток с водосбора. В маловодные годы его доля уменьшается до 65 % (1960 г.), в многоводном 1962 г. речной приток составлял 81 % общего прихода. Доля осадков изменяется от 34 (в маловодном 1960 г.) до 19 % (в многоводном 1962 г.).

Сток по р.Свири составляет 84 % расходной части водного баланса за многолетний период. В 1962 г. его доля составляла 91 % общего расхода, в 1960 г. – около 76 %. На долю испарения с водной поверхности озера приходится от 9 (в 1962 г.) до 24 % (в 1960 г.) общего расхода воды из озера.



Онежское озеро имеет 1152 притока, из которых только 52 реки имеют длину более 10 км. Наиболее крупными являются реки Водла (площадь водосбора 13 700 км²), Шуя (10 100 км²) и Суна (7670 км²), средний многолетний суммарный сток которых равен 9,97 км³, или 58,3 % общего притока с водосбора в Онежское озеро.

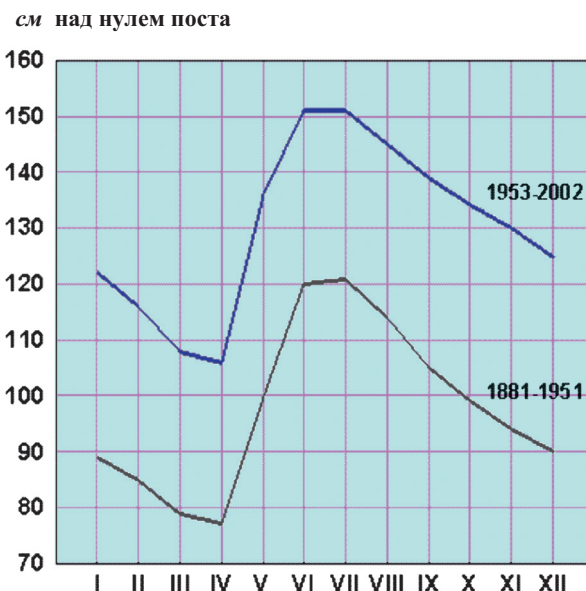
Автор: Ю.А. Сало

УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ И ВОДНЫЙ БАЛАНС

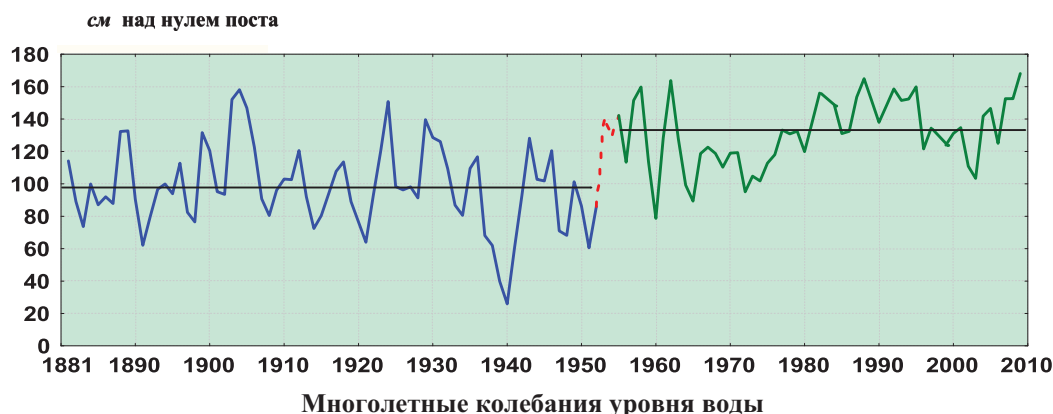
График многолетних колебаний уровня воды отражает уровень режим озера в естественных условиях (1881–1951 гг.) и после преобразования озера в Верхне-Свирское водохранилище (с 1953 г.). Средний многолетний уровень воды после зарегулирования возрос с 98 см до 130 см над нулем поста, принятым для озера равным 31,80 м в Балтийской системе высот. В течение первого периода самый высокий среднегодовой уровень воды наблюдался в 1904 г. (158 см над нулем поста), самый низкий – в 1940 г. (26 см). Для второго периода средний годовой уровень изменялся от 79 (1960 г.) до 165 см (1988 г.).

На графике внутригодовых колебаний уровня воды, построенном по средним месячным значениям за период наблюдений с 1881 по 2002 г. по посту Вознесенье, показан внутригодовой ход уровня воды для двух характерных периодов. Низший за год уровень воды наблюдается в апреле, высший – в июне-июле.

Средняя многолетняя годовая амплитуда уровня за период с 1953 по 1980 г. составила 73 см (Петрозаводск, Кондопога), 88 см (Медвежьегорск), 82 см (Вознесенье). Наибольшая амплитуда годового уровня воды отмечена по посту Медвежьегорск (138 см в 1966 г.), наименьшая – по посту Петрозаводск (35 см в 1960 г.).



Внутригодовые колебания уровня воды



Автор: Ю.А. Сало

ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ

Появление льда на акватории озера начинается в среднем в период со второй декады ноября (Вознесенье, Павликовская) до середины декабря (Маячный, Василисин) после устойчивого перехода температуры воды через $0,2^{\circ}\text{C}$ в сторону отрицательных значений и охлаждения верхнего слоя воды до температуры замерзания. В отдельные годы осенние ледовые явления наблюдаются уже во второй половине октября (1945, 1946, 1959, 1968 гг.). По мере накопления отрицательных температур воздуха, начиная с прибрежных и шхерных районов, образуются начальные формы ледового покрова (склянка, темный и светлый нилас). При дальнейшем намерзании ниласовые льды переходят последовательно в категорию серых, серо-белых, белых (средней толщины) льдов, при этом граница льда продвигается от берега к центру озера, ледовитость (доля акватории озера, занятая льдом и ледяными полями, с учетом сплоченности плавучего льда) возрастает от нуля до 100 %.

При достижении суммы отрицательных температур воздуха $280\text{--}450^{\circ}\text{C}$ в зависимости от интенсивности процесса охлаждения воздуха и волнения происходит замерзание всей акватории озера. В отдельные годы (например, 1960–1961 гг.) сплошной ледовый покров не образуется, обширные полыньи в течение всей зимы отмечаются южнее о. Маячный и в Большом Онего. Наибольшая толщина однолетнего белого льда достигает одного метра (104 см в районе д. Лонгасы в третьей декаде апреля 1956 г.). В течение всей зимы наблюдаются наплаивание (лед ниласовых форм), образо-

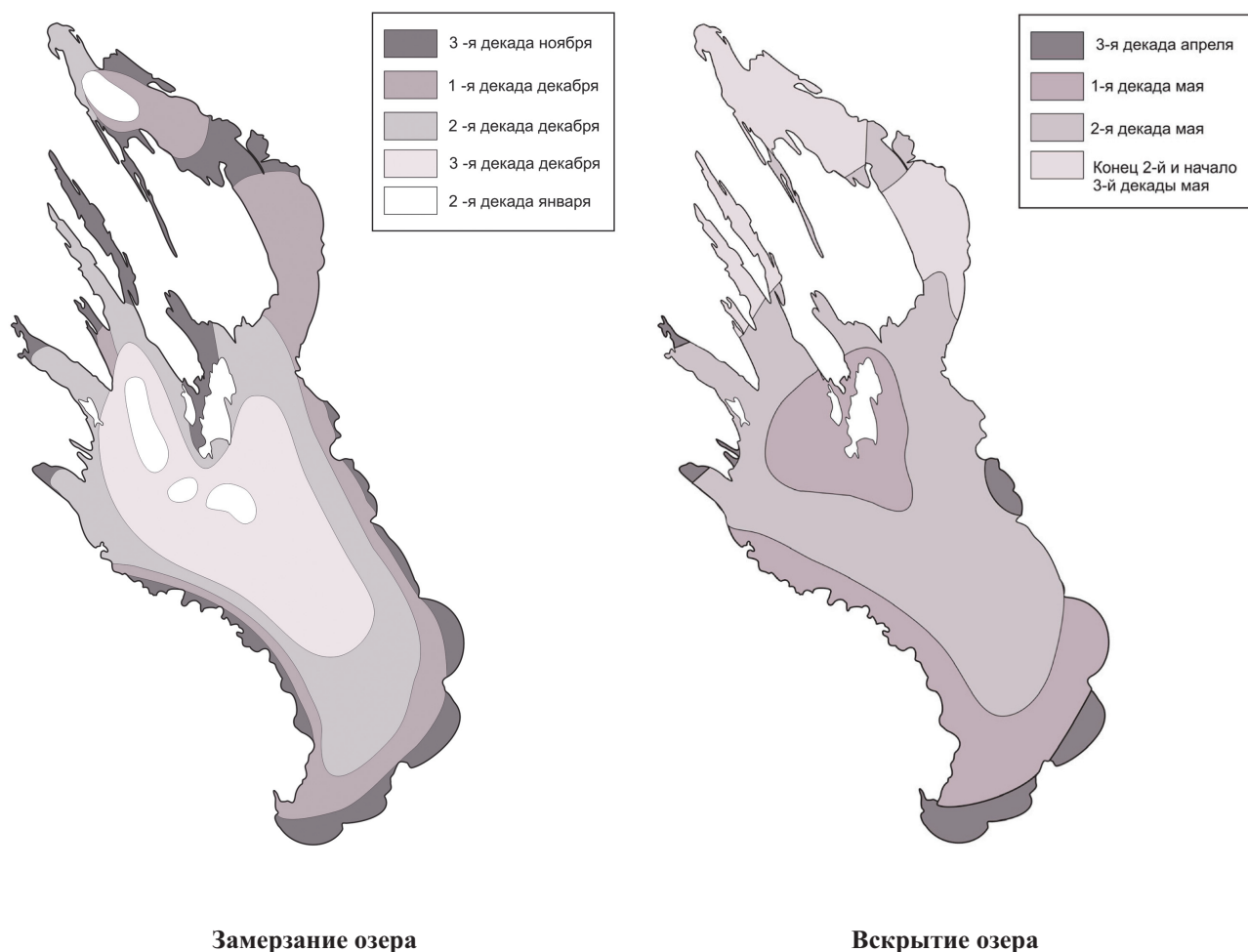
вание и постепенное замерзание трещин, подвижки и торшение льда; гряды торосов образуются вдоль береговой линии и вокруг островов.

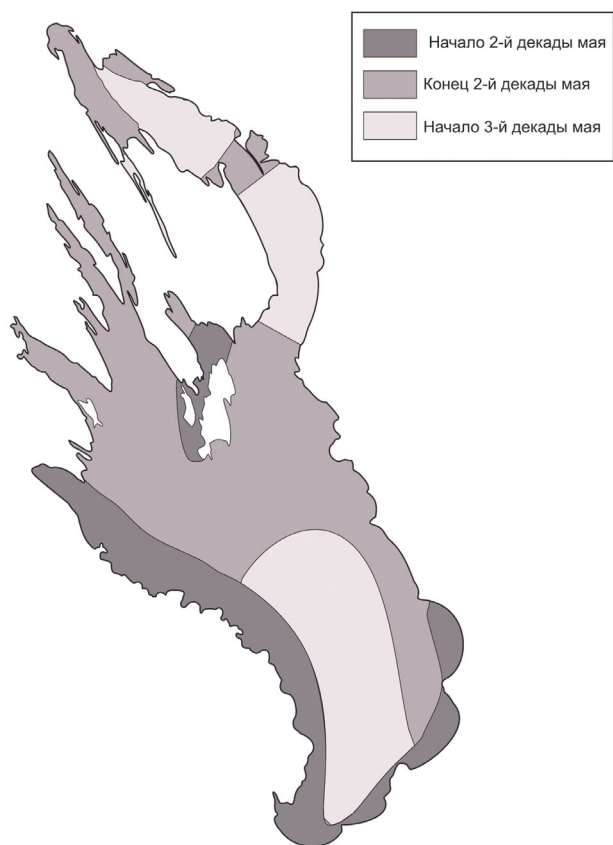
Начальная фаза вскрытия акватории озера отмечается в первой декаде мая (в районе пгт. Вознесенье – в третьей декаде апреля), позже всего – к середине мая – начинается процесс разрушения ледяного покрова в узких заливах и шхерах. Сумма положительных температур воздуха, необходимая для начала процесса вскрытия озера, составляет 50–80 °С. Период весеннего дрейфа льда продолжается в среднем 2–12 сут. В отдельные годы дрейфующие ледяные поля наблюдались в течение 39 (пгт. Вознесенье, 1969 г.) и 40–42 дней (о-ва Маячный и Василисин в 1961, 1975 гг.).

При достижении суммы положительных температур 200–250 °С акватория озера полностью очищается ото льда. Средние сроки полного очищения озера от остатков ледяных полей соответствуют второй, а в районе шхер и в южной части озера – третьей декаде мая. Отдельные крупные обломки ледяных полей, севшие на мель у берега или островов, постепенно тают вплоть до первых чисел июня.

В целом за период наблюдений (с 1884 г.) отмечена тенденция сокращения продолжительности периода ледостава как в районе отдельных пунктов, так и на акватории Онежского озера в целом. Для безледоставного периода характерна тенденция к увеличению (коэффициент линейного тренда около 7 сут за 100 лет).

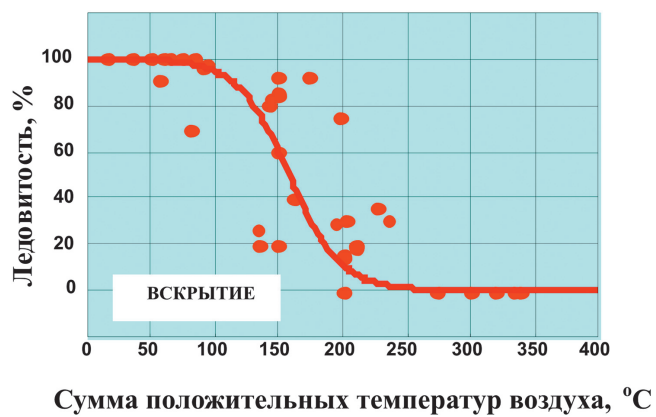
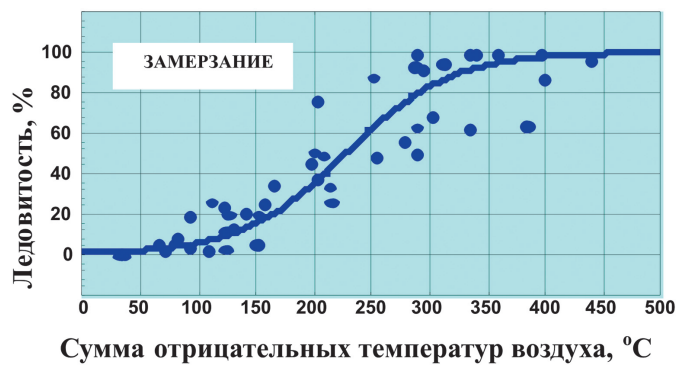
СХЕМА РАЗВИТИЯ ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СРЕДНИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ





Полное очищение озера

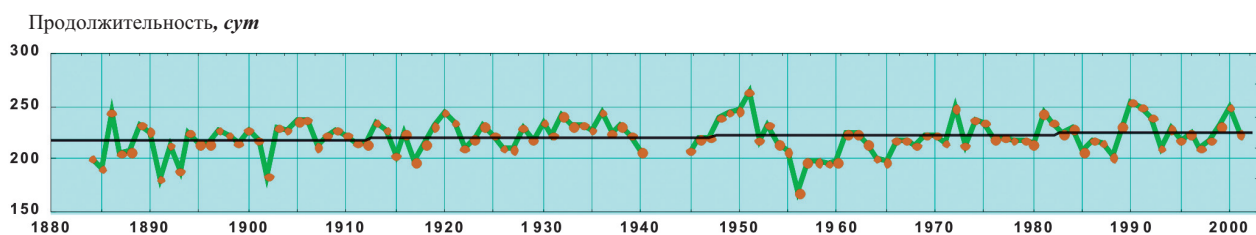
ЗАВИСИМОСТЬ ЛЕДОВИТОСТИ АКВАТОРИИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ОТ СУММЫ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА



СРЕДНИЕ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД ДАТЫ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ (Многолетние данные., 1986)

Пункт	Средние даты ледовых явлений, число.месяц				Средняя продолжительность ледостава, сут	Наибольшая толщина льда, см (число.месяц.год)
	Начало осенних ледовых явлений	Начало ледостава	Окончание ледостава	Очищение ото льда		
Медвежьегорск	28.11	14.12	12.05	17.05	150	99 (20.04.1956)
Кондопога	16.11	02.12	06.05	12.05	155	96 (10.04.1969)
Лонгасы	14.11	25.11	06.05	10.05	164	104 (20,30.04.1956)
Петрозаводск	27.11	16.12	07.05	14.05	143	99 (20.04.1956)
Маячный	11.12	04.01	03.05	21.05	120	99 (20.03.1966)
Василисин	17.12	02.01	02.05	19.05	121	88 (20.03.1968)
Павликовская	12.11	30.12	03.05	20.05	125	89 (31.03.1979)
Вознесенье	15.11	04.12	27.04	12.05	145	56 (28.02.1947)

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ БЕЗЛЕДОСТАВНОГО ПЕРИОДА (оз. ОНЕЖСКОЕ – г. ПЕТРОЗАВОДСК)



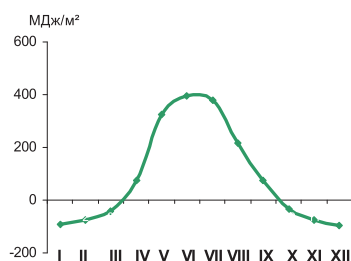
Авторы: Ю.А. Сало Л.Е. Назарова

ПРОЗРАЧНОСТЬ ВОДЫ (В МЕТРАХ) ПО ДИСКУ СЕККИ

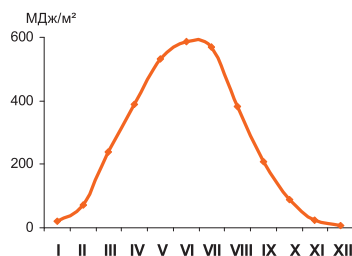


ЭЛЕМЕНТЫ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

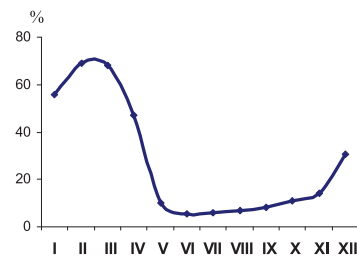
Тепловой баланс – алгебраическая сумма прихода и расхода тепла в водные массы водоема. Основными составляющими теплового баланса озера являются: радиационный баланс; тепло, затраченное на испарение или выделившееся при конденсации, и затраты тепла на турбулентный теплообмен с атмосферой. Удельный вес основных элементов теплового баланса непостоянен и зависит от времени года, климатических и метеорологических условий, морфометрических особенностей водоема. Сезонный ход элементов теплового баланса для всего озера представлен по расчетным величинам за 1948–1967 гг., полученным в Институте озераведения РАН.



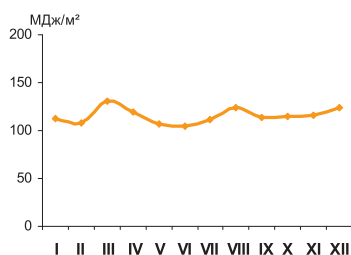
Радиационный баланс



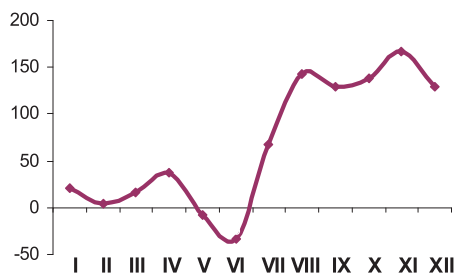
Суммарная радиация



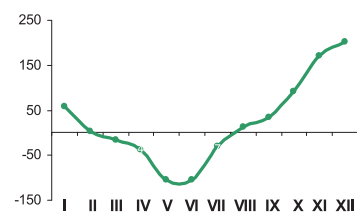
Альбедо



Эффективное излучение



Затраты тепла на испарение



Затраты тепла на турбулентный теплообмен

Радиационный баланс – интегральная характеристика всех радиационных процессов, протекающих на поверхности озера и определяющих все основные тепловые процессы в приводном слое. Радиационный баланс равен разности поглощенной солнечной радиации и эффективного излучения воды:

$$R = Q_{\pi}(1 - A) - E_{\text{эф}},$$

где Q_{π} – суммарная солнечная радиация, поступающая на поверхность воды, A – альбедо водной поверхности, $E_{\text{эф}}$ – эффективное излучение. Суммарная радиация Q_{π} – совокупность прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Альбедо водной поверхности A – отношение количества отраженной радиации к падающей на поверхность воды. Эффективное излучение $E_{\text{эф}}$ – расходная часть радиационного баланса, величина которой определяется разностью потоков длинноволновой радиации, излучающейся в атмосферу, и встречным потоком из атмосферы.

Затраты тепла на испарение озера являются основной составляющей расхода тепла водной массы. Максимум затрат тепла на испарение в Онежском озере приходится на август-декабрь. В период гидрологической весны (май-июнь) во время прохождения фронта термического бара преобладает конденсация пара из атмосферы. Затраты тепла на турбулентный теплообмен – это потери или поступление тепла в результате турбулентного теплообмена поверхности водоема с атмосферой. Для Онежского озера минимальный запас тепла характерен в феврале-марте, максимальное накопление тепла приходится на август. Максимум радиационной части баланса приходится на июнь-июль, а наибольшие затраты на испарение и на турбулентный теплообмен – на осенние месяцы. Таким образом, в первую половину сезона, свободного ото льда, водоем накапливает тепло, во вторую – расходует его.

Авторы: Т.В. Ефремова (ИВПС КарНЦ РАН), К.А. Мокиевский, А.Ф. Изотова (ИНОЗ РАН)

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Онежское озеро – крупный глубоководный водоем умеренных широт димиктического типа, т.е. два раза в год – весной и осенью – полностью перемешивающийся от поверхности до дна.

Для получения среднемноголетних характеристик термического режима вод Онежского озера использовались натурные данные Карельского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период с 1958 по 1989 г. и натурные данные Института водных проблем Севера с 1992 по 2001 г. Измерения проводились в навигационный период на рейдовых вертикалях на постоянной сетке станций с дискретностью 10–30 дней.

Для вычисления среднемноголетнего хода температуры воды на различных горизонтах использовалась непрерывная временная аппроксимирующая параметрическая функция, которая позволила получить ежедневные средние значения температуры воды на стандартных горизонтах в различных районах Онежского озера. По полученным модельным кривым построена карта-схема положения фронта термического бара (рис. 1) и ежемесячные карты-схемы распределения температуры воды на различных горизонтах с 1 июня по 1 ноября (рис. 2–8).

Анализ полученных материалов свидетельствует о том, что на сезонный ход температуры большое влияние оказывают особенности котловины озера, его размеры, изрезанность и в первую очередь глубина. Поэтому сезонный ход температуры воды в различных районах озера существенно различается. На рис. 9 и 10 представлен средний многолетний ход температуры воды в различных районах озера.

Разрушение льда в Онежском озере обычно происходит в первых числах мая, а полное исчезновение льда в озере в среднем наблюдается 18 мая. После схода льда количество тепла, поступающего в воду, резко возрастает, прибрежные мелководные районы вследствие перераспределения тепла на меньшую глубину прогреваются до температуры максимальной плотности 4 °С быстрее, чем глубоководные. Неоднородность прогрева приводит к формированию фронтальной зоны – термического бара, который делит озеро на две области: прибрежную стратифицированную и глубоководную гомотермическую (рис. 1).

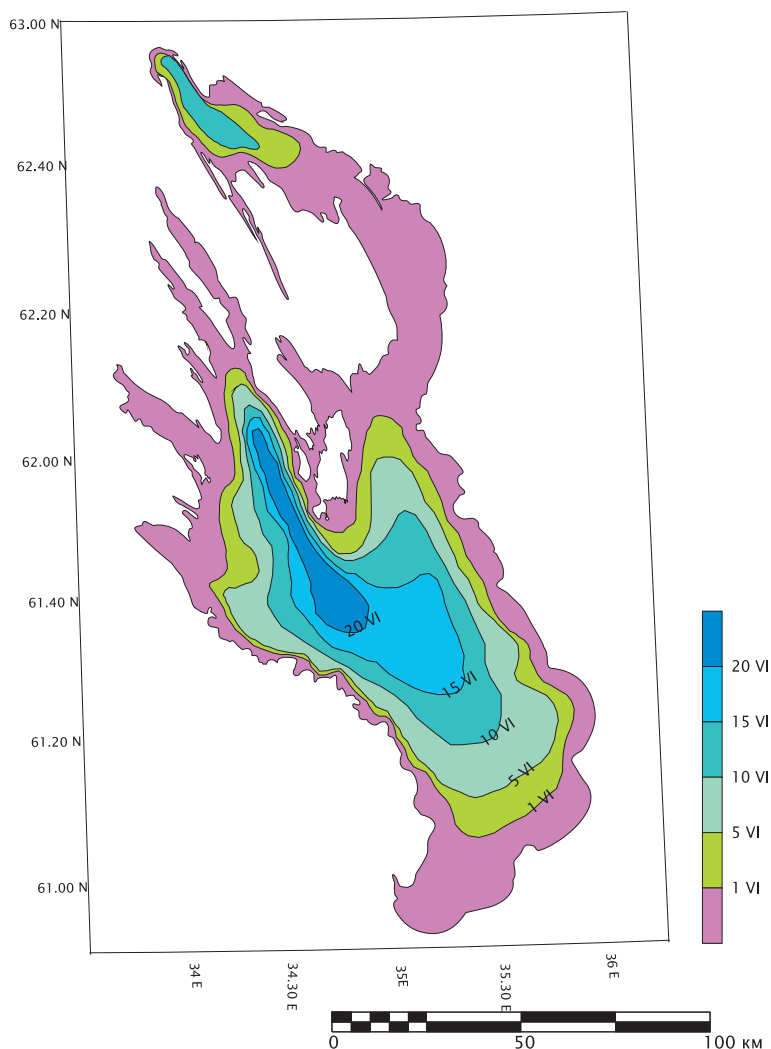


Рис. 1. Среднее многолетнее положение весеннего термического бара на поверхности озера

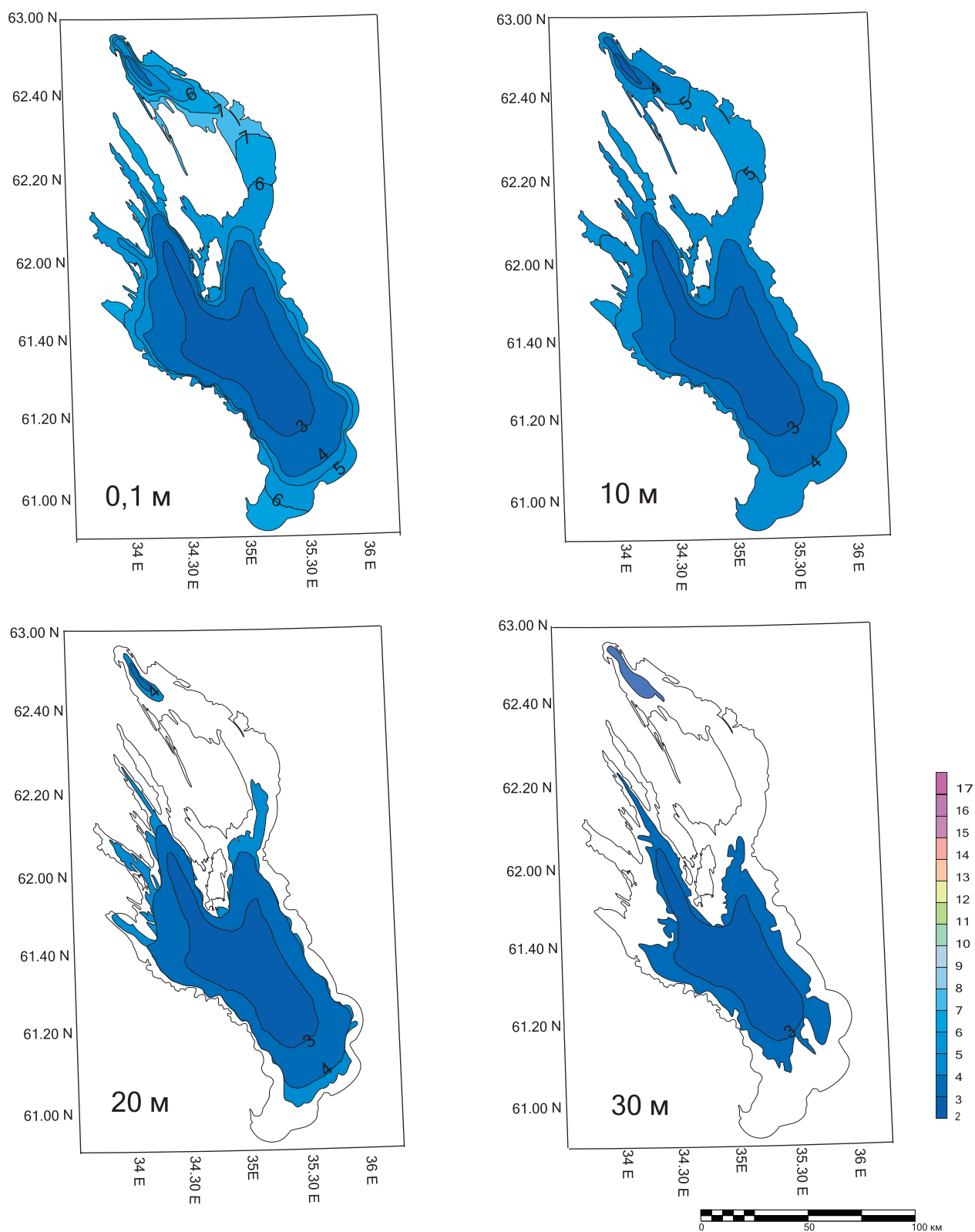


Рис. 2. Среднее многолетнее пространственное распределение температуры воды на стандартных горизонтах 1 июня

По мере нагревания воды фронт термического бара постепенно перемещается в область больших глубин, оставляя за собой районы с прямой термической стратификацией с температурой воды выше 4 °С. Изотерма 4 °С на 1 июня оконтуривает озеро и располагается над глубинами 20–25 м.

Явление термического бара (ТБ) оказывает определяющее влияние на перераспределение тепла и перемешивание водных масс в Онежском озере в течение довольно длительного периода (рис. 11). По среднемноголетним данным ТБ исчезает в третьей декаде июня, после чего устанавливается прямая термическая стратификация и начинается этап летнего нагревания.

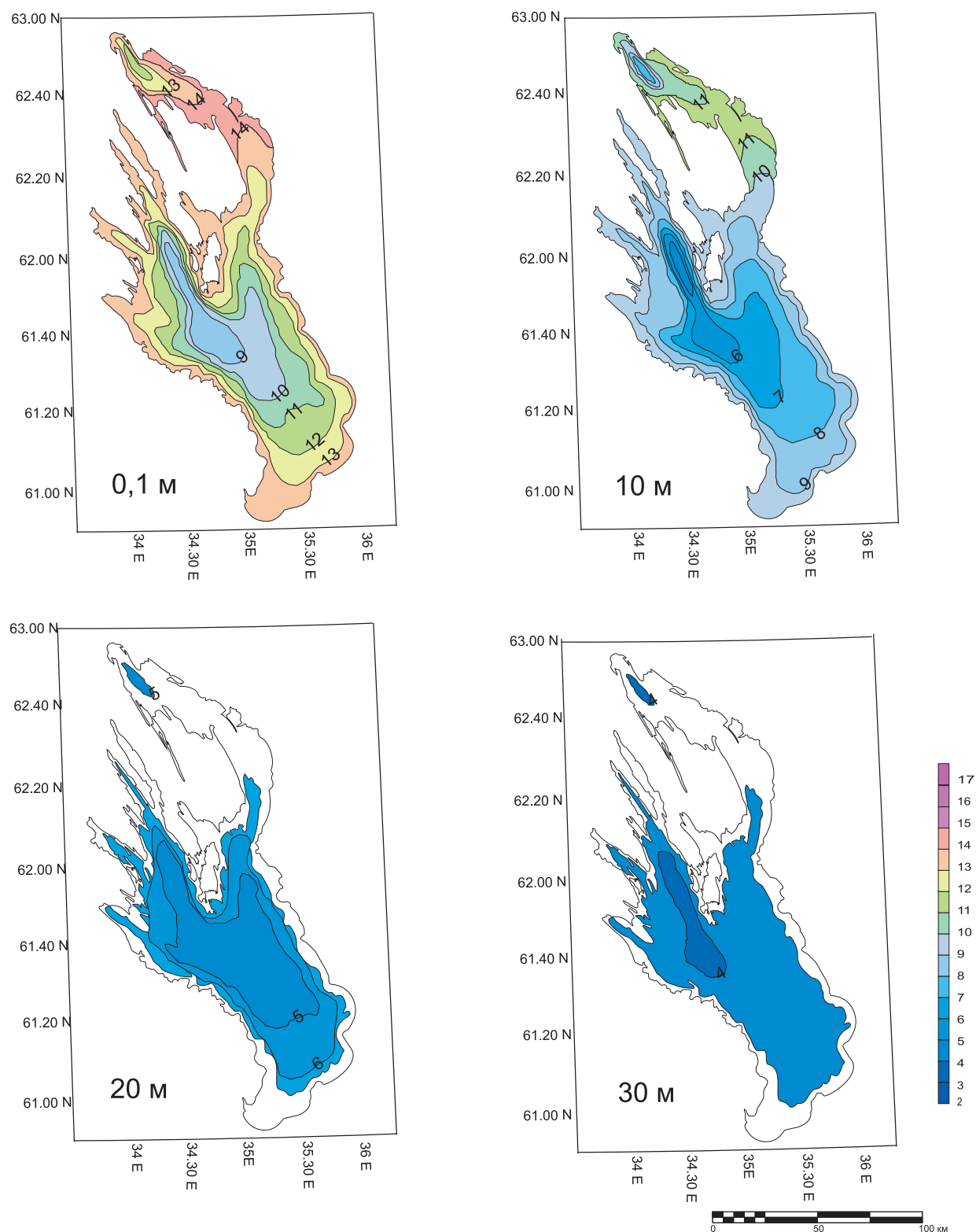


Рис. 3. Среднее многолетнее пространственное распределение температуры воды на стандартных горизонтах 1 июля

В период летнего нагревания озеро становится устойчиво стратифицированным по вертикали, образуется верхний теплый и однородный по температуре слой (эпилимнион), слой скачка и нижний холодный слой (гиполимнион) (рис. 9–11). Слой скачка температуры становится препятствием для дальнейшего поступления тепла из верхних слоев в нижние. После прохождения фронта термобара в центральной глубоководной части озера скорость повышения температуры воды в июне в поверхностном слое 0–5 м возрастает в 3,5–4 раза и составляет приблизительно 0,35–0,40 °C в сутки. На горизонте 20 м она близка весеннему значению – около 0,1 °C в сутки, а на глубинах более 40 м составляет менее 0,03 °C в сутки.

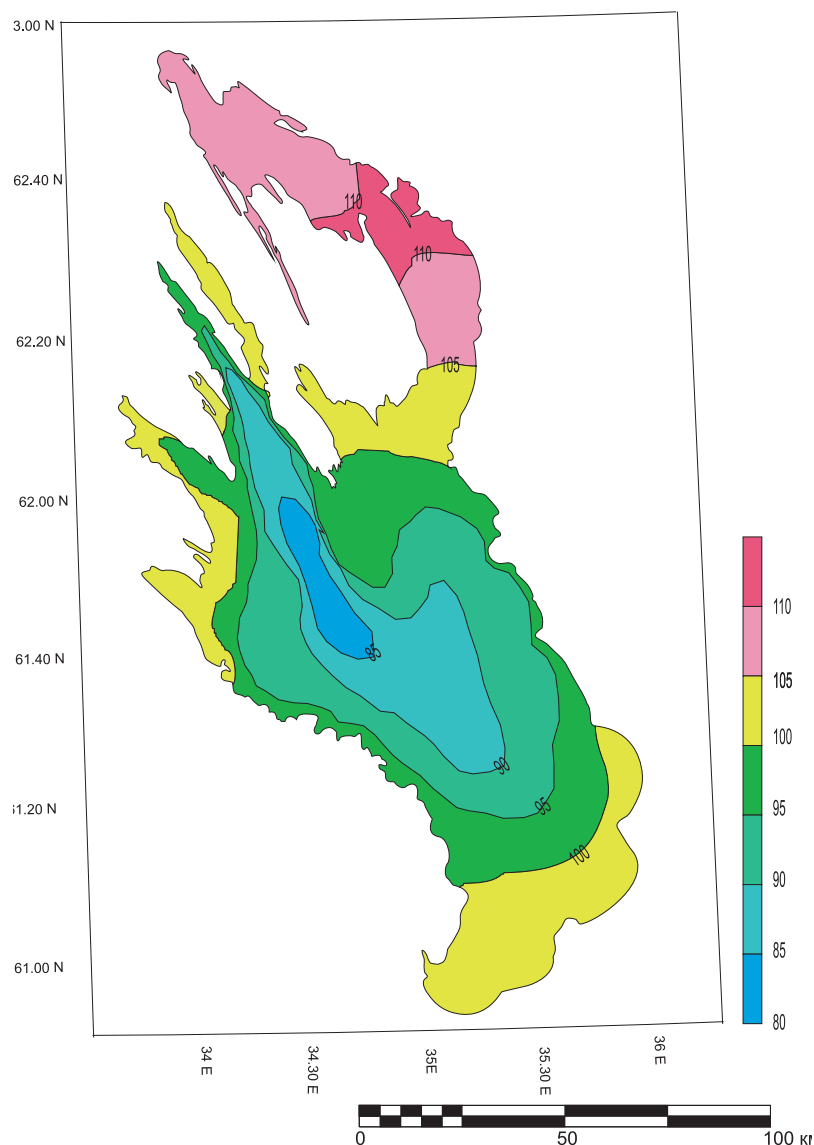


Рис. 4. Продолжительность «биологического лета» (в сутках) на поверхности озера

1 июля минимальная температура в приповерхностном слое по-прежнему наблюдается в центральной глубоководной части озера, максимальная – в заливах и губах (рис. 3). В это время сезонный слой скачка в глубоководной части озера располагается на глубине 5–10 м. Над глубоководной областью формируется купол холодных вод, причем на глубинах более 50 м с температурой воды ниже 4 °C (рис. 11).

С первых чисел июля отмечается постепенное выравнивание температуры по всей акватории озера и уменьшение ее горизонтальных неоднородностей. В это время по средним многолетним данным, происходит переход температуры воды в поверхностном слое через 10 °C на всей акватории озера, наступает так называемое «биологическое лето». «Биологическим летом» принято называть период времени в сутках, когда температура поверхности воды устойчиво превышает

шает 10 °С. По имеющимся данным для поверхностной температуры воды, «биологическое лето» наступает раньше всего в мелководном Заонежском заливе (в первых числах июня). Запоздывание наступления «биологического лета» для центральной глубоководной части озера составляет в среднем 30 дней (рис. 4).

В течение июля слой скачка постепенно заглубляется, а толщина и температура эпилимниона увеличиваются. Конец июля – начало августа характеризуются наибольшим прогревом верхнего 5-метрового слоя воды. Средняя температура поверхности воды достигает своих максимальных значений, а ее распределение по акватории становится довольно однородным, сезонный термоклин опускается на глубину 15–25 м в зависимости от района озера (рис. 5, 9–10).

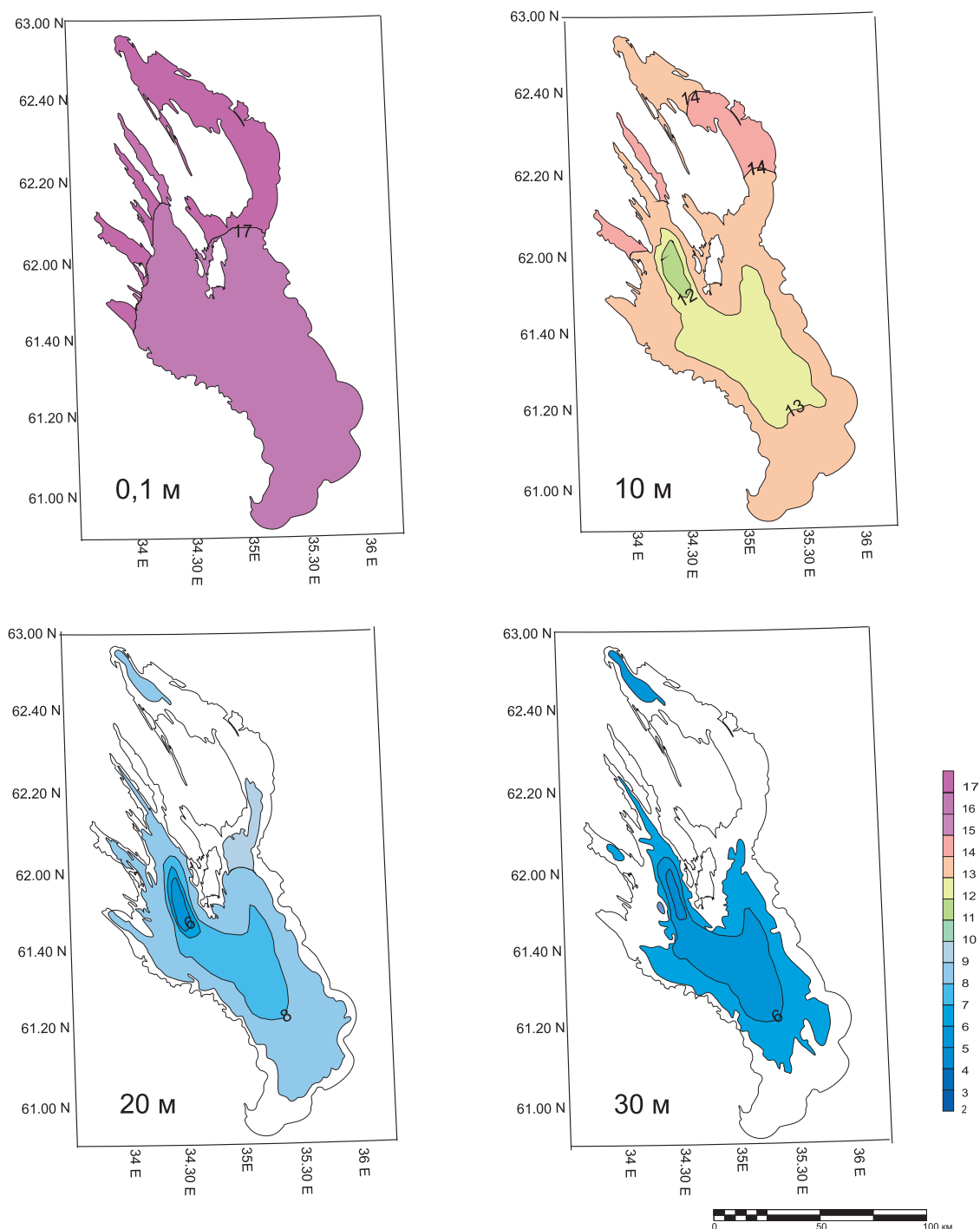


Рис. 5. Среднее многолетнее пространственное распределение температуры воды на стандартных горизонтах 1 августа

В первой декаде августа начинается период осеннего охлаждения, т.е. в тепловом балансе озера потери тепла становятся преобладающими. В приповерхностном слое формируются инверсии температуры, приводящие к гравитационной неустойчивости, нарушению стратификации и образованию верхнего квазиоднородного слоя воды (рис. 9–10, 12). Скорость заглубления перемешанного слоя с августа по октябрь возрастает с 0,3 до 3,0 м·сут⁻¹. Толщина квазиоднородного слоя с температурой 13 °С на 1 сентября составляет 10 м (рис. 6). К 1 октября этот слой увеличивается до 20 м, а температура воды уменьшается до 9,5 °С (рис. 7).

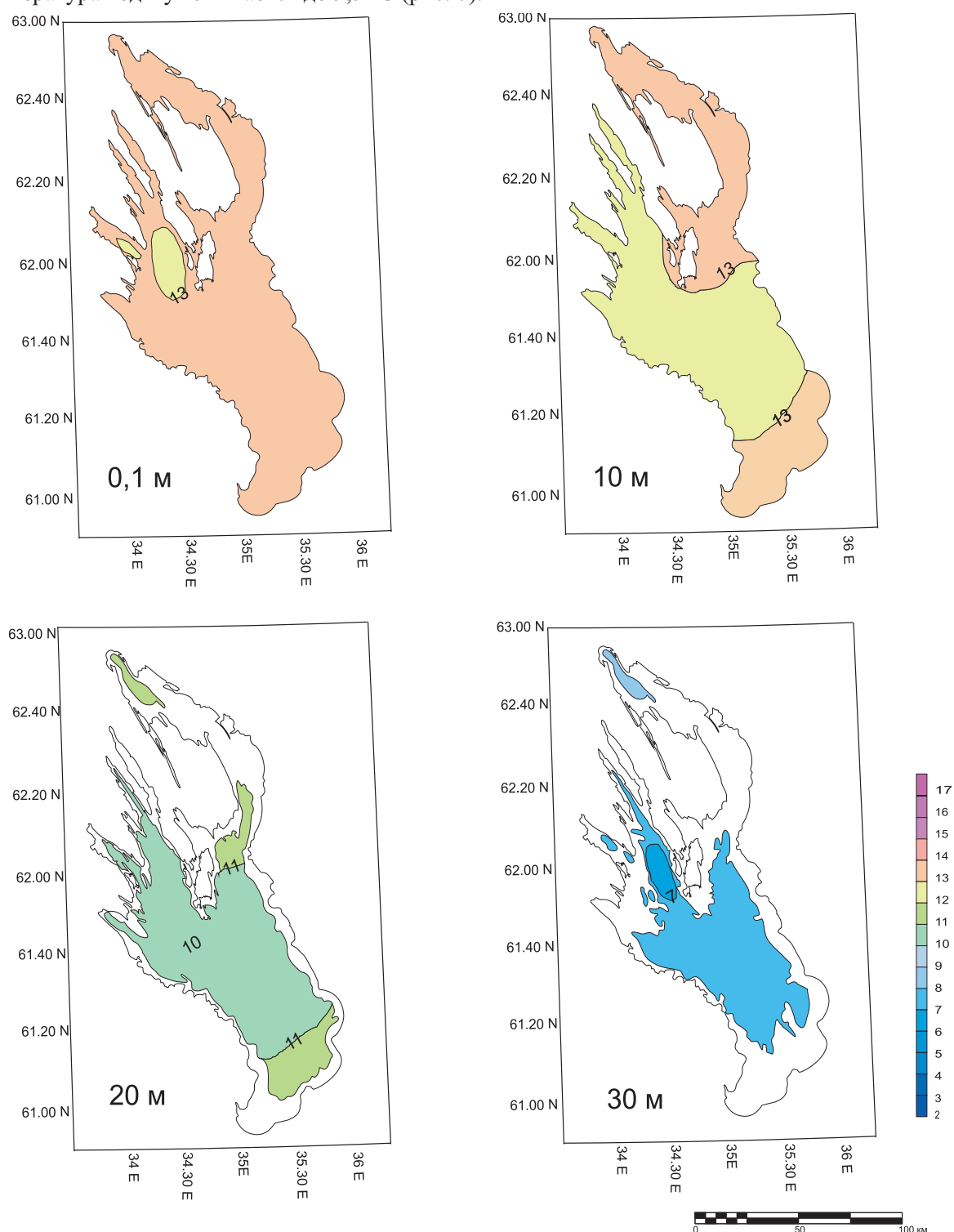


Рис. 6. Среднее многолетнее пространственное распределение температуры воды на стандартных горизонтах 1 сентября

Максимальная температура воды на горизонте 0,1 м отмечается в конце июля – начале августа, на горизонте 10 м – в середине августа, на 20 м – в начале сентября, на 30 м – в конце сентября, на 50 м – в первой половине октября, а на глубине 80 м максимальная температура 6,6 °С наступает в двадцатых числах октября. Таким образом, запаздывание наступления максимума температуры на нижних горизонтах по сравнению с верхним слоем в Онежском озере достигает трех месяцев.

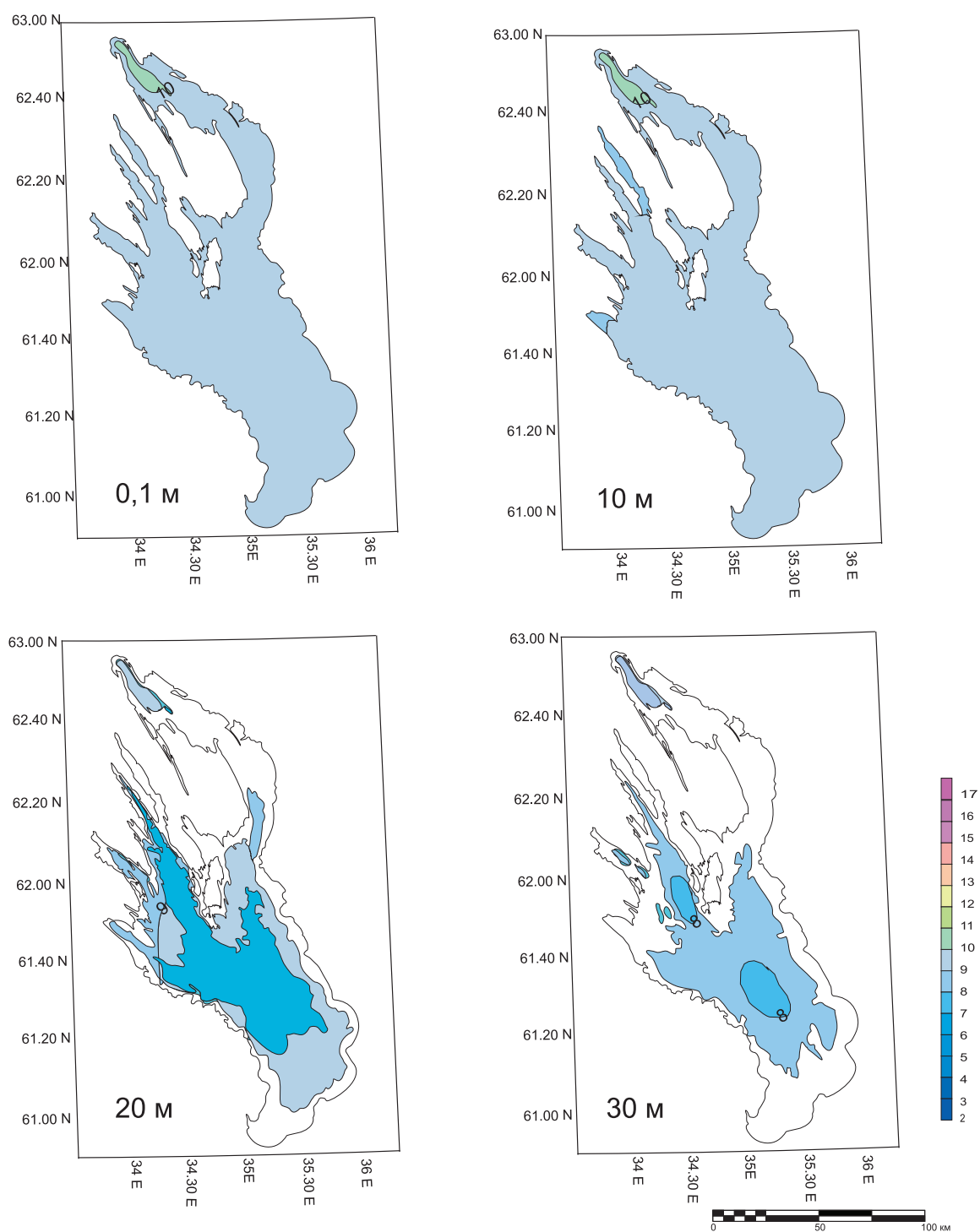


Рис. 7. Среднее многолетнее пространственное распределение температуры воды на стандартных горизонтах 1 октября

Во второй декаде октября в озере устанавливается гомотермия с температурой 6–8 °С. Охлаждение озера в это время происходит с постепенным понижением температуры во всей толще вод приблизительно со скоростью 0,1 °С·сут⁻¹. 1 ноября в центральном плесе наблюдается гомотермия с температурой выше 6 °С (рис. 8). В прибрежных районах с глубиной до 20 м температура воды, как правило, ниже 5 °С. На мелководье у самого берега вода в это время охлаждается до температуры максимальной плотности 4 °С.

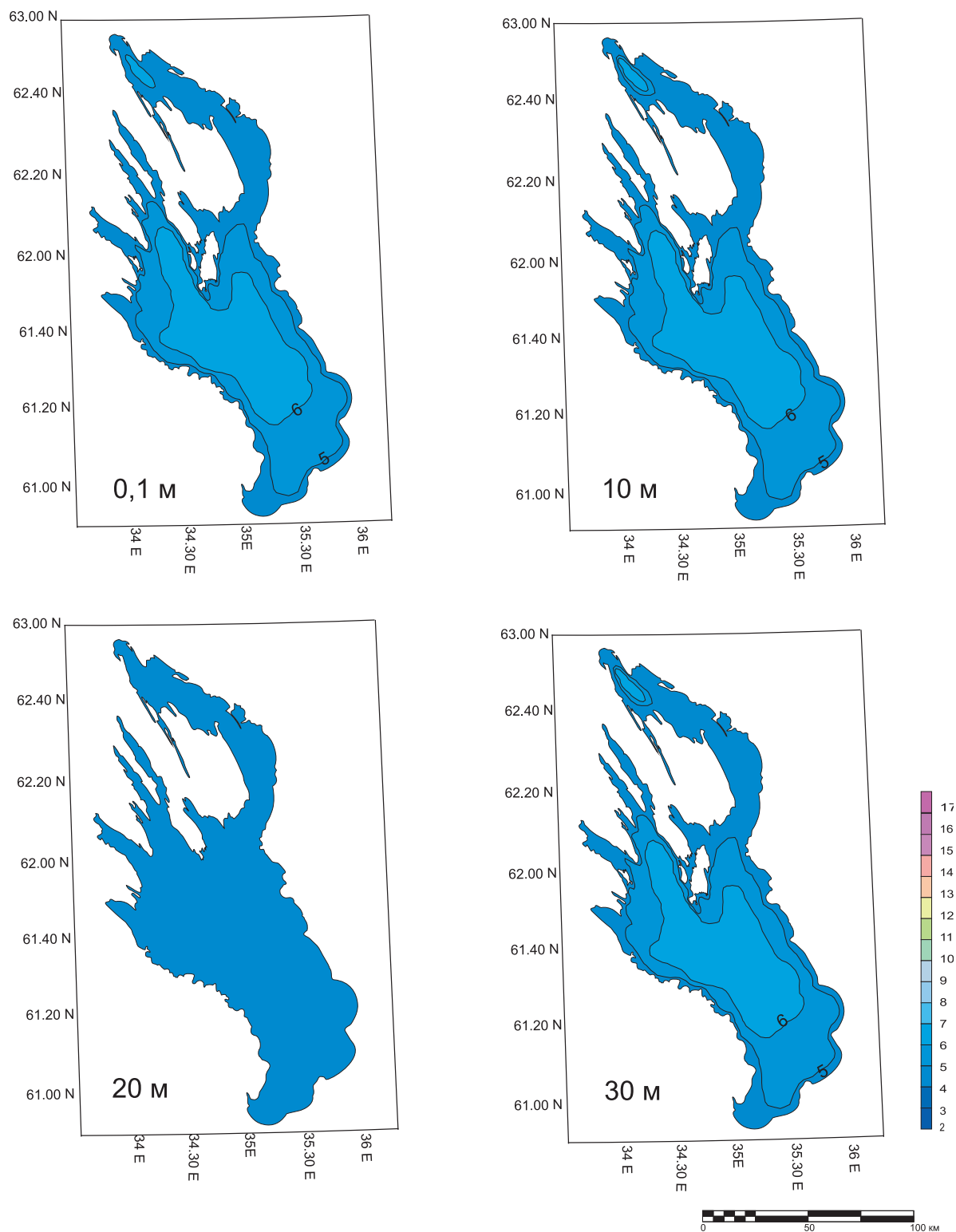


Рис. 8. Среднее многолетнее пространственное распределение температуры воды на стандартных горизонтах 1 ноября

Горизонтальные градиенты температуры воды осенью значительно слабее, чем весной. По мере охлаждения воды изотерма 4°C постепенно перемещается в область больших глубин, оставляя за собой районы с обратной термической стратификацией и температурой воды ниже 4°C . Исчезает изотерма 4°C 22–25 ноября. К 1 декабря в поверхностном слое прибрежных районов температура воды составляет $1,9\text{--}2,2^{\circ}\text{C}$, в центральном плесе – более 3°C . 18 января – средняя дата наступления полного ледостава на озере.

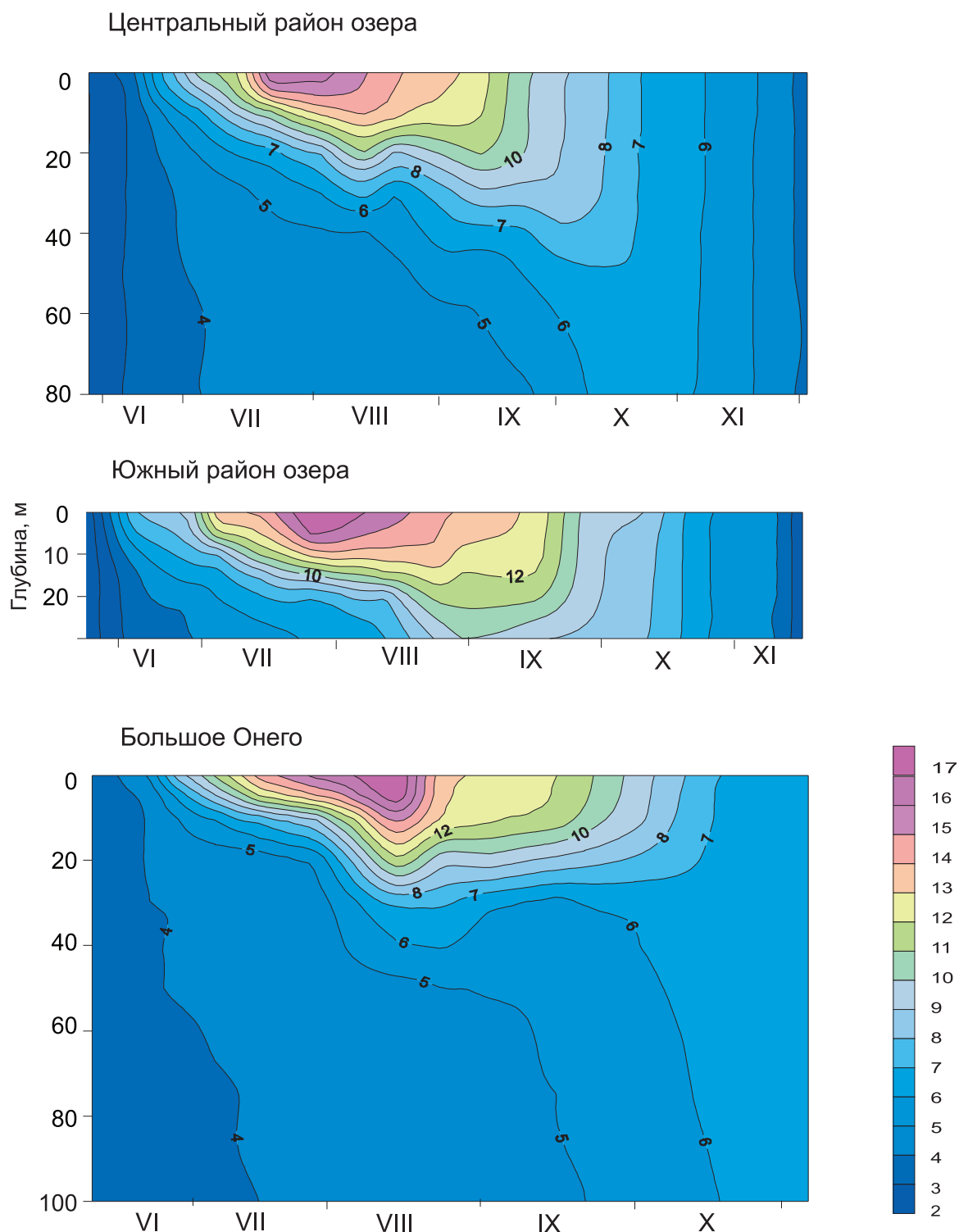
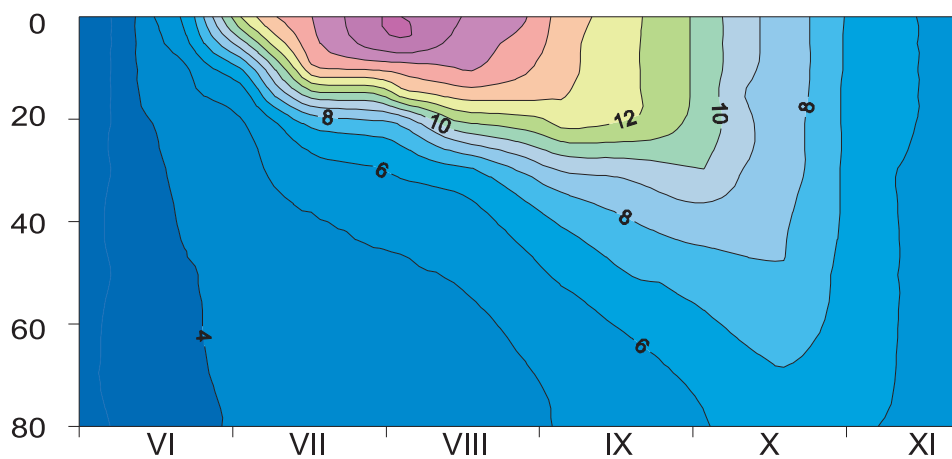
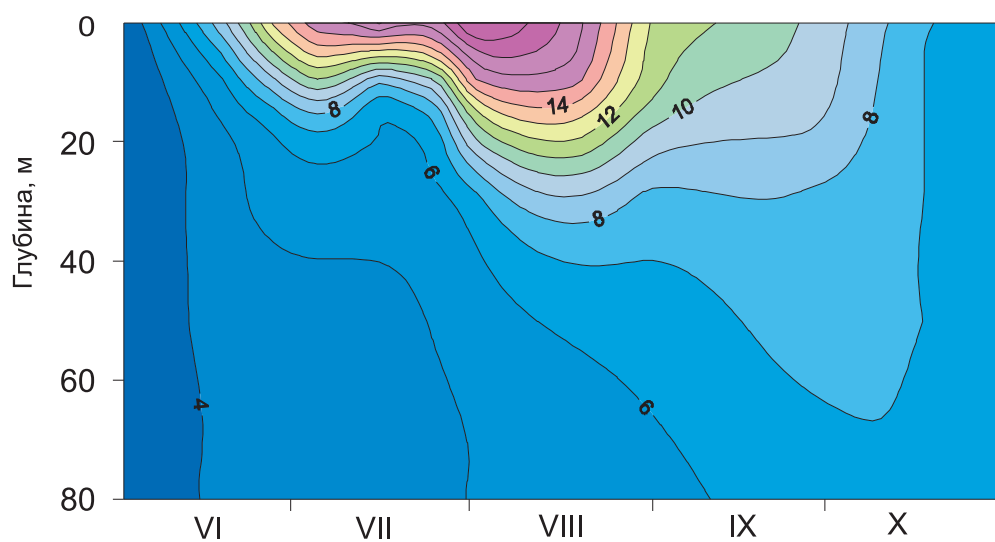


Рис. 9. Среднее многолетнее распределение температуры воды в различных районах озера

Большая губа Повенецкого залива



Кондопожская губа



Петрозаводская губа

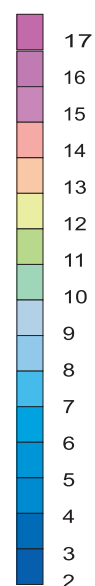
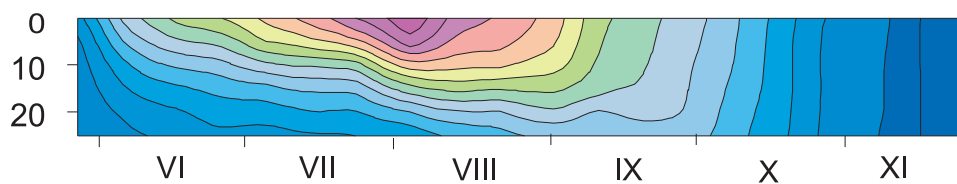


Рис. 10. Среднее многолетнее распределение температуры воды в различных районах озера

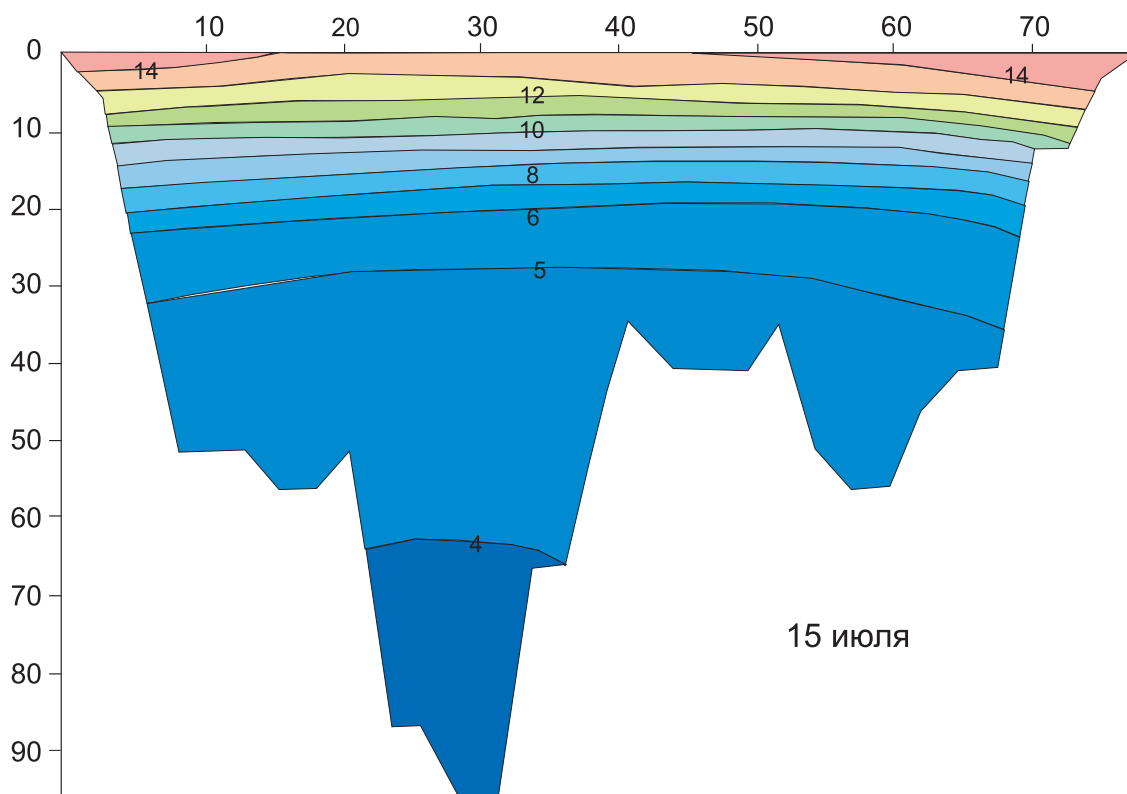
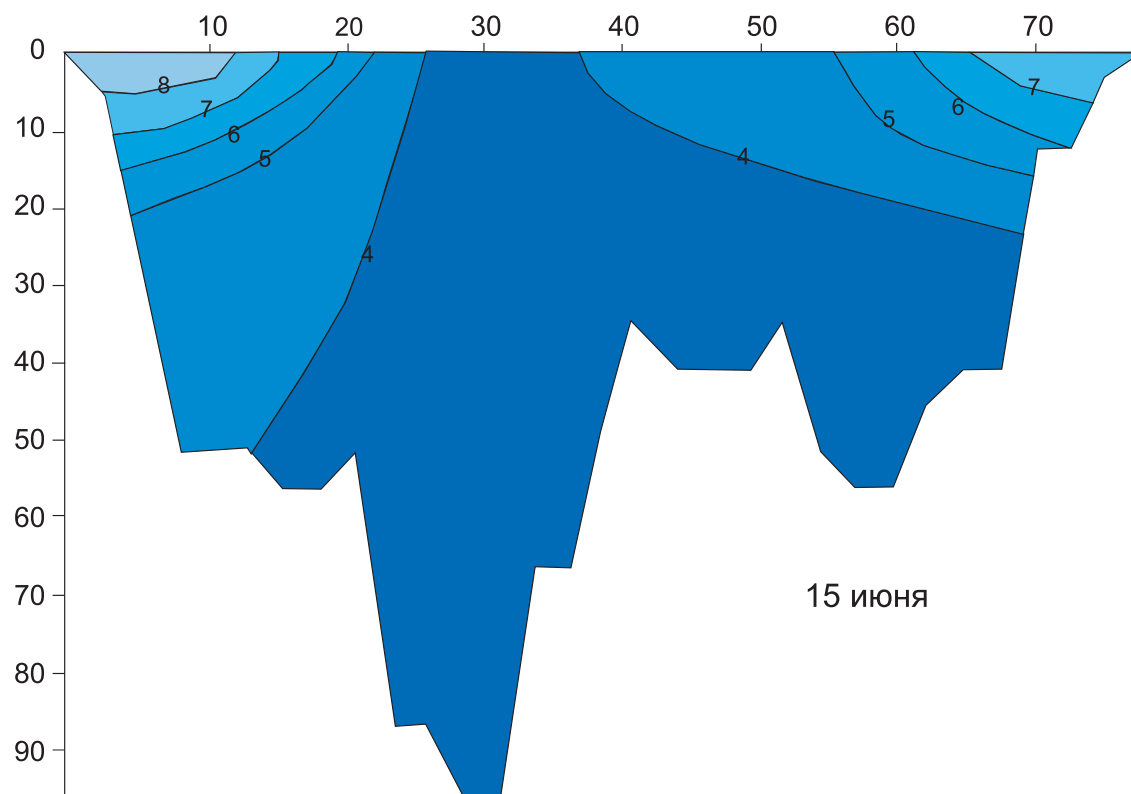


Рис. 11. Температура воды на поперечном разрезе основного плеса озера

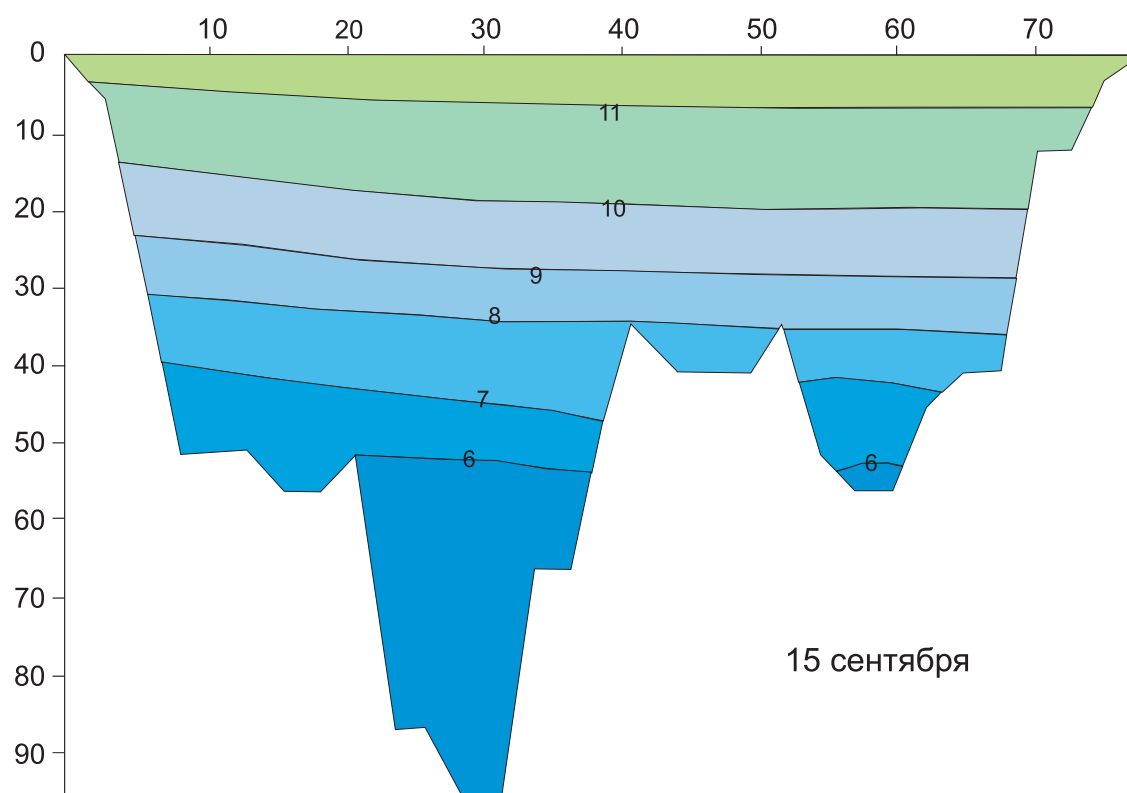
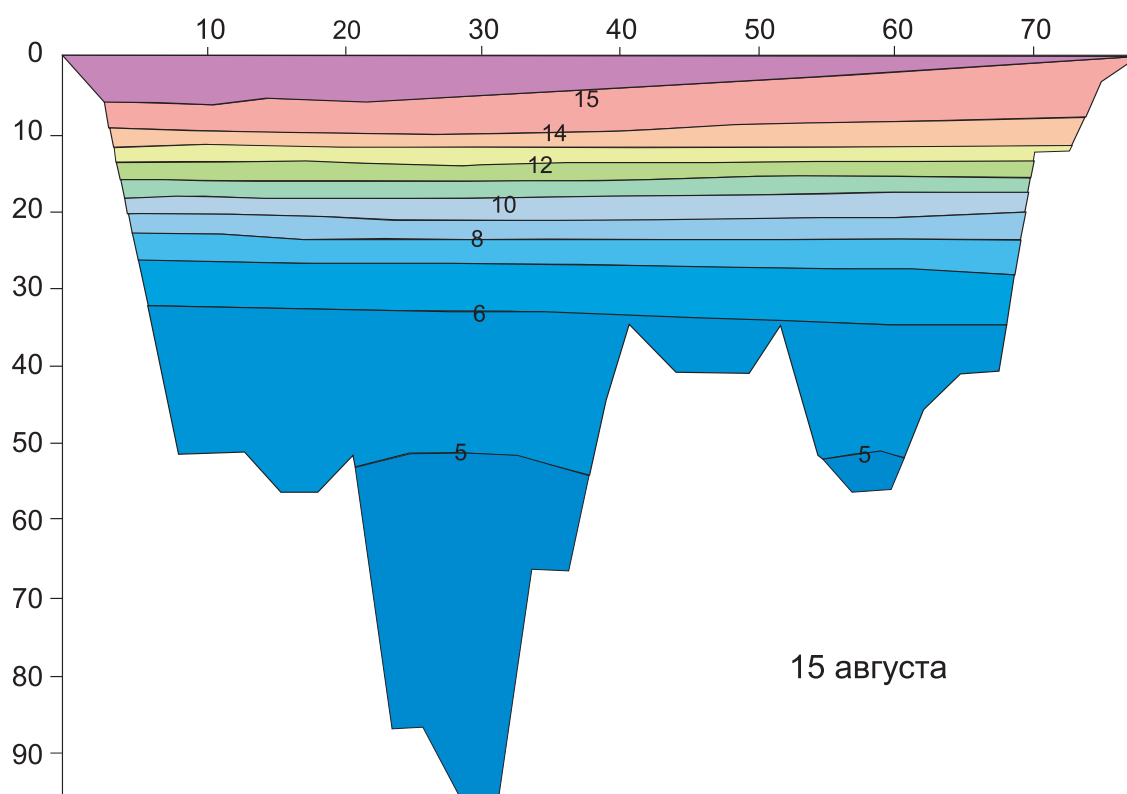


Рис. 12. Температура воды на поперечном разрезе основного плеса озера

Автор: Т.В. Ефремова

ВОЛНЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ОЗЕРА

Многолетние наблюдения за ветровым волнением в открытой части Онежского озера выполнялись Карельским республиканским центром Росгидромета с помощью вех и буев по стандартной принятой методике на трех станциях (о. Маячный, 1969–1980 гг.; о. Василисин, 1958–1966, 1969–1980 гг.; ГМС Павликовская, 1970–1974, 1976–1980 гг. (рис. 1). Глубина у буев составляла 7–11 м. Рис. 2 и 3 построены в соответствии с опубликованными данными (Государственный водный кадастр, 1986).



Рис. 1. Схема станций многолетних наблюдений за волнением

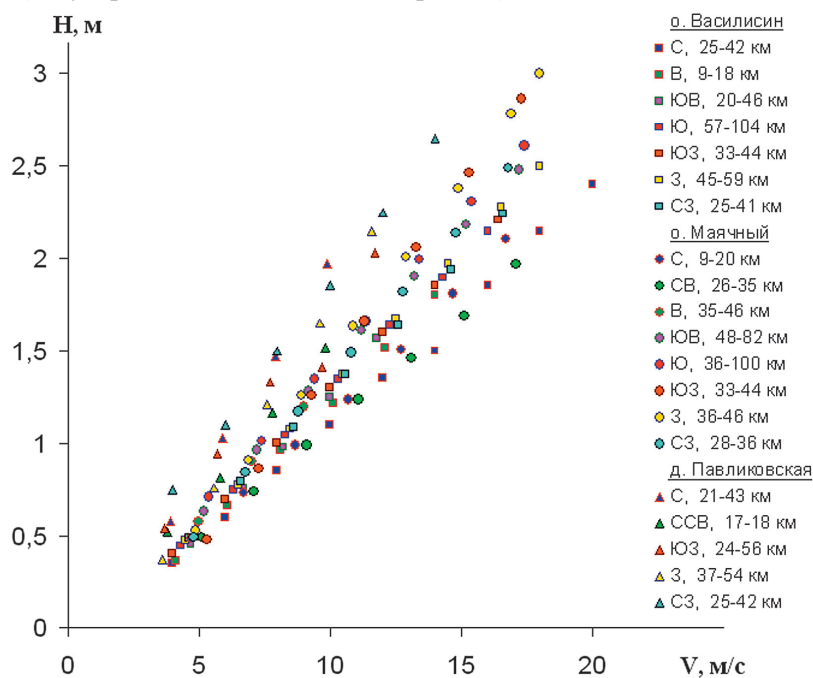


Рис. 2. Средние высоты волн в зависимости от скорости, направления и длины разгона ветра по станциям

Для характеристики высот волн в относительно закрытых губах и заливах озера были выполнены оценки (рис. 4) в соответствии с «Руководством по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях» (1973). Расчеты проводились для установившегося волнения при простых условиях волнообразования, т.е. не принимались во внимание эффекты снижения высот волн в узком бассейне и связанные со сложной его формой, косым подходом волн к берегу и их трансформацией на мелководье (глубина ≥ 10 м).

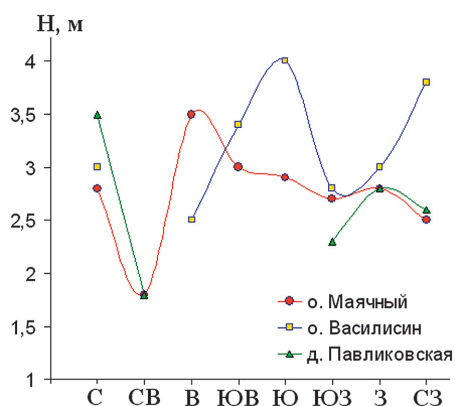


Рис. 3. Наибольшая измеренная высота волн

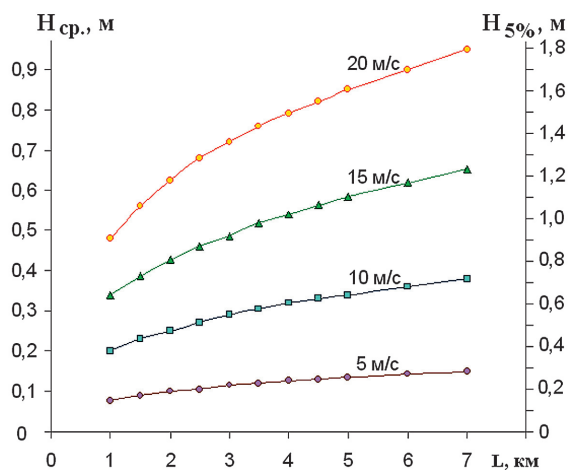


Рис. 4. Зависимость средних высот волн и 5%-ной обеспеченности от длины разгона и скорости ветра

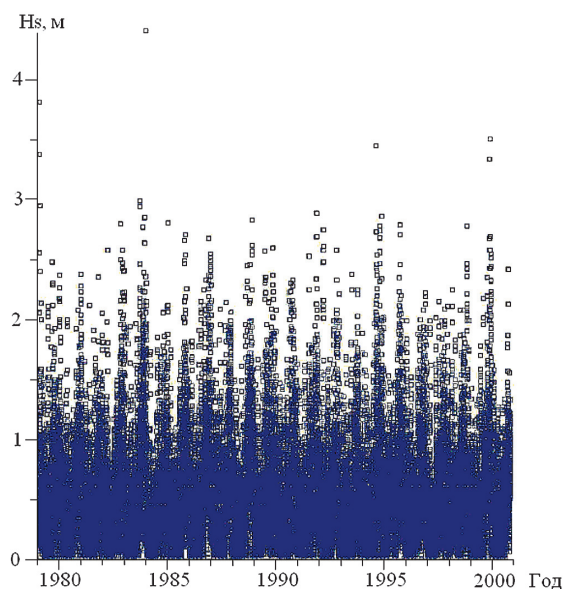


Рис. 5. Высоты волн за 22-летний период в одной из расчетных точек (по данным работы: Лавренов, 2006)

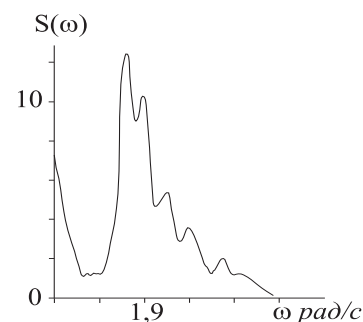


Рис. 6. Спектр ветрового волнения по данным измерений

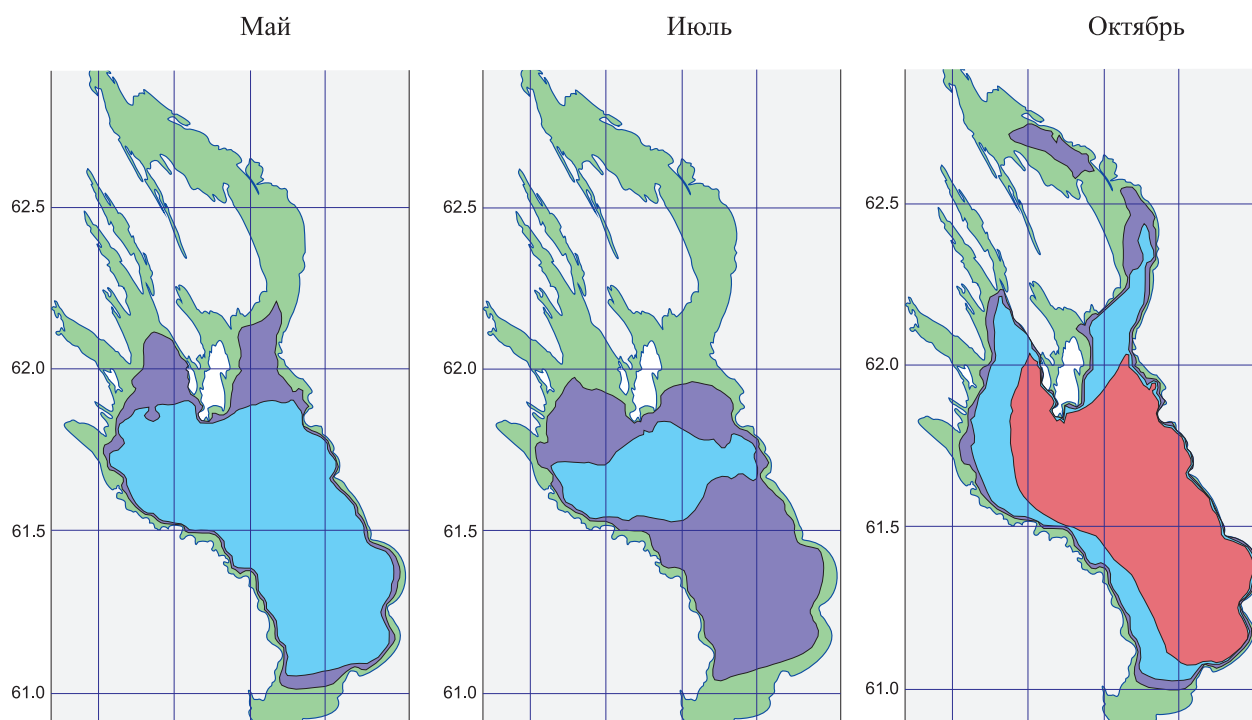


Рис. 7. Границы районов, в которых повторяемость не превышает 4 % для разных высот волн 1%-ной обеспеченности (по данным работы: Лавренов, 2006)
2,0 м – синяя зона, 1,5 м – фиолетовая, 1,2 м – зеленая, красный цвет – превышение 4 %-го барьера

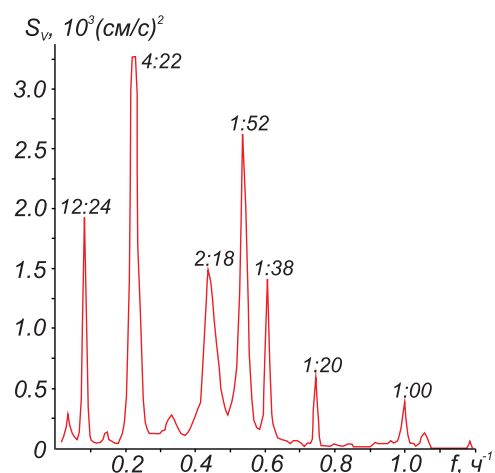
В Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте (Лавренов, 2006) выполнены расчеты элементов волн на акватории Онежского озера и ветра по приземному атмосферному давлению за 22-летний период с дискретностью 3 ч для задач судовождения (рис. 5). В результате получены оценки межгодовой изменчивости скорости ветра над акваторией озера и установлены повторяемости волн различной высоты. При расчете волн применена спектрально-параметрическая модель (СПМ), разработанная в Санкт-Петербургском отделении Государственного океанографического института (Давидани др., 1988) и усовершенствованная в АНИИ (Лавренов, 1998). Модель используется в Гидрометцентре Российской Федерации для прогно-

Авторы: Н.И. Пальшин, Н.Н. Филатов

В соответствии с оценками, выполненными разными методами, периоды основных мод продольных сейш составляют: для одноузловой ~ 4 ч 20 мин; двухузловой ~ 2 ч 10 мин; трехузловой ~ 1 ч 25 мин; четырехузловой ~ 1 ч 05 мин. Для поперечных сейш периоды колебаний в два раза короче (~ 2 ч 15 мин, ~ 1 ч 10 мин, ~ 45 мин, ~ 34 мин). Максимальные амплитуды сейш первых двух мод могут достигать 10–20 см. В губах и заливах наблюдаются собственные свободные колебания. В Повенецком заливе встречается сейша с периодом около 13 ч 20 мин. Основными причинами возникновения сейш являются ветер и перепады атмосферного давления.

Скорости сейшевых течений в открытом озере относительно невелики по сравнению с дрейфовыми течениями. Однако их роль существенно возрастает в узких проливах, где сейшевые течения носят реверсивный характер, а их скорости достигают 10–20 см/с.

В проливе между оз. Логмозеро и Петрозаводской губой 8–16 февраля 1987 г. наблюдались флуктуации скорости стокового течения р. Шуи от 0 до 37 см/с. Зарегистрированы 18 случаев поворота направления течения на противоположное. Спектр этих колебаний скорости течения приведен на рисунке.



Спектр скорости течения в Соломенском проливе

Автор: Н.И. Пальшин

ТЕЧЕНИЯ

Первые сведения о течениях в отдельных заливах Онежского озера приведены в работах В.К. Давыдова (1927), В.А. Толмачева (1928), И.В. Молчанова с соавторами (1946) и А.Н. Охлопковой (1972). А.Н. Охлопковой динамическим методом рассчитано, что в весенний период при термобаре существует циркуляция циклонического характера, которая охватывает почти все озеро. Наибольшие скорости течений характерны для верхнего слоя воды и составляют в среднем 5 см/с, достигают по расчетам 12–15 см/с (рис. 1). С глубиной характер циркуляции сохраняется, но с уменьшением модуля скорости течений. На горизонтах 40–50 м – не более 2–3 см/с. Летом и осенью система течений становится сложнее, так как в формировании течений более существенное влияние оказывает ветер. По экспериментальным данным получена зависимость скорости поверхностных течений от скорости ветра (рис. 2). По данным длительных измерений течений приборами БПВ-2р, АЦИТТ и Аандераа на автономных буйковых станциях (АБС) на разных горизонтах в разные месяцы за 1970–1991 гг. ИВПС КарНЦ РАН (ранее Отделом) выявлены особенности течений на горизонтах от 5 до 60 м (Бояринов, Руднев, 1990; Филатов и др., 1990а).

Средние скорости течений на верхнем горизонте в открытом озере составляют 10–20, а в закрытых губах 5–10 см/с, на нижнем же горизонте они равны 4–6 и 3–5 см/с. Максимальные скорости течений в самой глубоководной части озера достигают 130 см/с, а в закрытых губах и мелководных районах они уменьшаются до 20–30 см/с. По измерениям построены схемы течений при ветрах северных и южных румбов (рис. 3, 4).

По данным измерений в открытой части озера показано, что в озере существуют инерционные колебания течений, имеющие вращение по часовой стрелке с периодом 13,5 ч. В.С. Титовым (1990) были рассчитаны ветровые течения с использованием метода полных потоков А.И. Фельзенбаума для всех сезонов года, в том числе и для подледного режима. В зимний период течения очень слабые и в месте впадения рек не превышают 2–3 см/с.



Рис. 1. Схема поверхностных течений в период термобара (июнь) (Охлопкова, 1972)

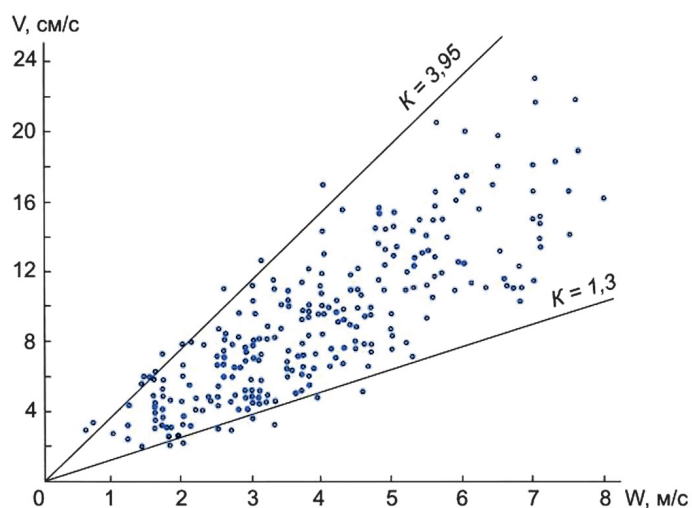


Рис. 2. Зависимость скорости поверхностных течений (V) от скорости ветра (W) (Охлопкова, 1972)

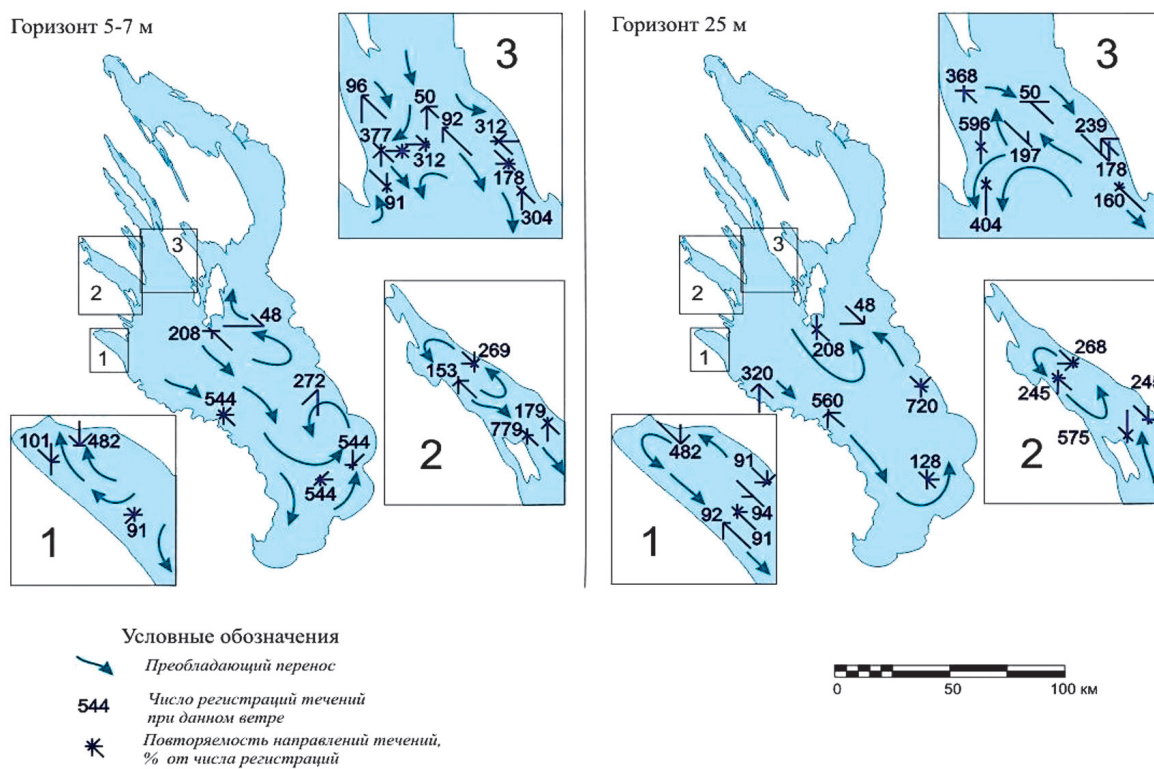


Рис. 3. Течения по данным длительных измерений при ветрах северных румбов (преобладающий ветер С-З направления)

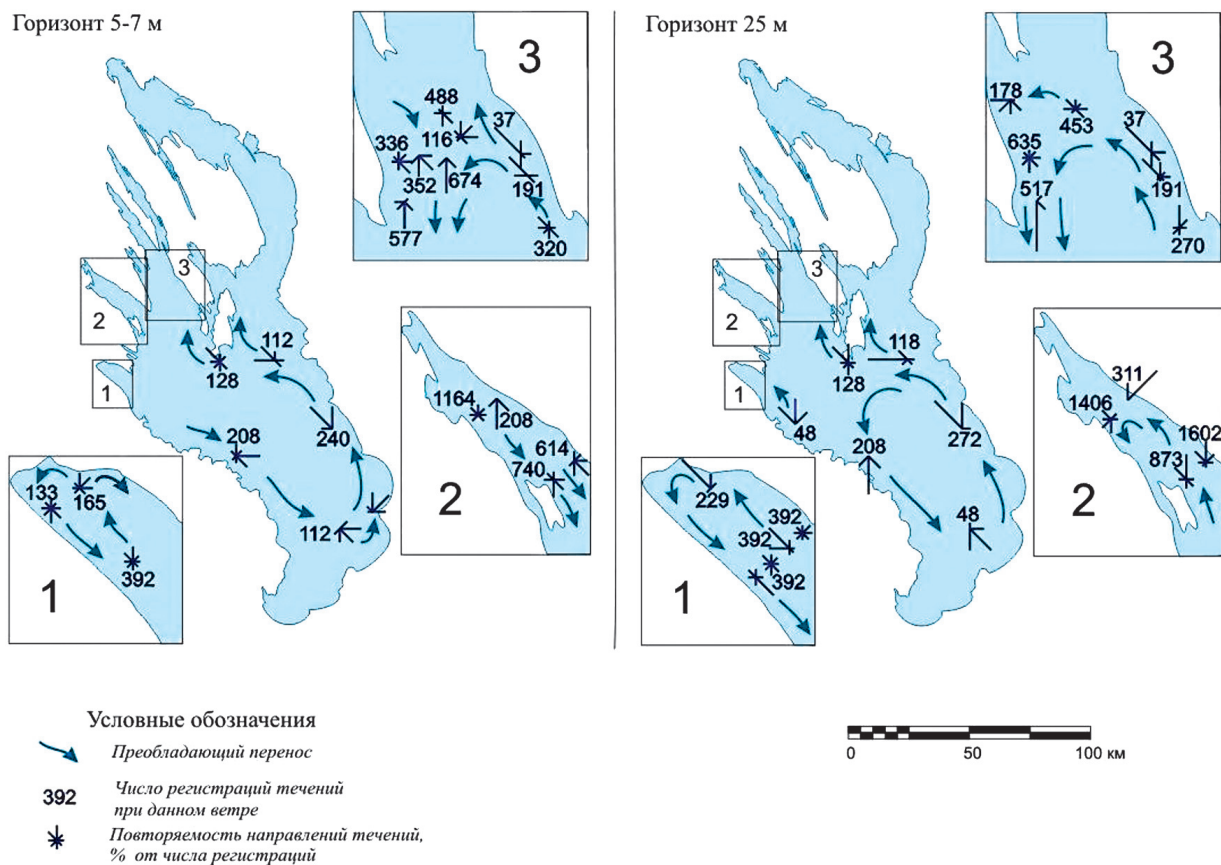


Рис. 4. Течения по данным длительных измерений при ветрах северных румбов (преобладающий ветер Ю-В направления)

Анализ длительных наблюдений на автономных буйковых станциях свидетельствует (Филатов и др., 1990а) о сложном характере спектра течений с наличием крупномасштабных циркуляций, обусловленных волнами Кельвина и топографическими движениями (временные масштабы 2–4 сут), инерционными колебаниям (волнами Пуанкаре) с временными масштабами около 13,5 ч и сейшевыми течениями (основная баротропная сейша с периодом около 4 ч). Циркуляция вод в озере в летне-осенний период в значительной степени обусловлена ветрами определенных направлений, которые генерируют прибрежные апвеллинги у западного и восточного берегов озера (см. раздел «Прибрежный апвеллинг»).

Показано, что:

- устойчивой во времени (несколько суток) циркуляции вод в озере не существует в силу непостоянства ветрового режима; исключение составляет период весеннего термобара до середины июня;
- циркуляция вод в летне-осенний период формируется в основном под действием ветра и неоднородностей плотности воды.

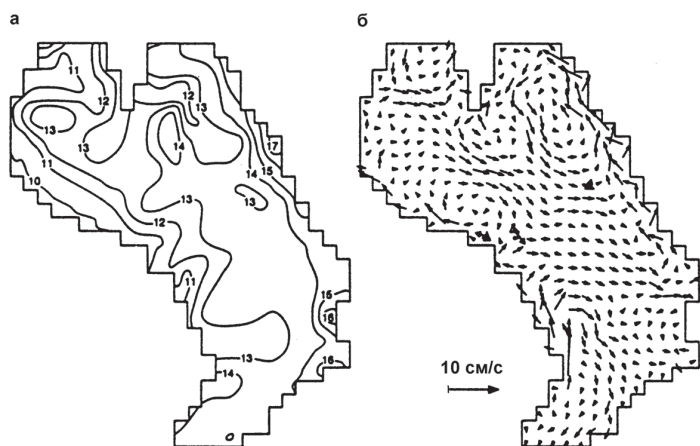


Рис. 5. Результаты измерений поля температуры воды (а) и расчета течений (циркуляции вод, б) по данным прогностической модели (Белецкий и др., 1991)

Выполненные ранее оценки циркуляции вод динамическим методом (Охлопкова, 1972) и ветровых течений (Титов, 1990) не в полной мере отражают особенности мезомасштабной циркуляции вод (горизонтальные неоднородности размером несколько километров). Выполненные ИВПС КарНЦ РАН и ИНОЗ РАН съемки полей температуры, измерения течений и расчеты циркуляции вод по прогностической модели (Белецкий и др., 1994) позволили построить более подробные циркуляции вод в озере (Белецкий и др., 1991). На рис. 5 показаны примеры поля температуры воды, полученные по данным измерений за одни сутки с трех судов, и результаты расчета циркуляции вод в озере в период полной стратификации. Циркуляции течений циклонического типа сосредоточены в центральной части озера, в заливах Малое и Большое Онего, кроме того, отмечается еще ряд вторичных циркуляций вод, положение которых зависит от направления ветра. В целом картина напоминает двухъячеиковую схему циркуляции ветрового происхождения, усложненную сильным влиянием бароклинных эффектов. Подобная циркуляция характерна также для Ладожского и Великих Американских озер. В верхнем трехметровом слое доминируют ветровые течения со скоростями до 20 см/с. Наибольшие скорости отмечаются в районе свала глубин (несколько километров от берега).

Впервые расчеты на сложной прогностической модели климатического масштаба были проведены в работе (Ladoga and Onego., 2010), они позволили получить информацию о полях течений и их распределении по вертикали для разных сезонов года. Пример распределения течений для разных месяцев по среднемноголетним данным показан на рис. 6. Максимальные скорости течений для всех сезонов года отмечаются в верхнем слое 0–10 м, а ниже термоклина (10–20 м) скорости течений резко падают. Наибольшие скорости течений наблюдаются в осенний период (среднемноголетние скорости порядка 35 см/с), скорость и направление которых определяется напряжением трения ветра.

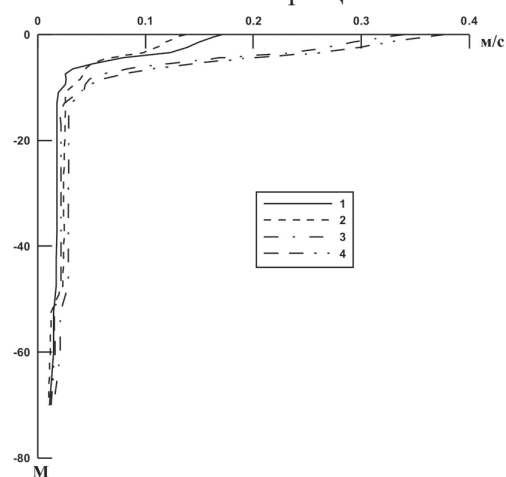
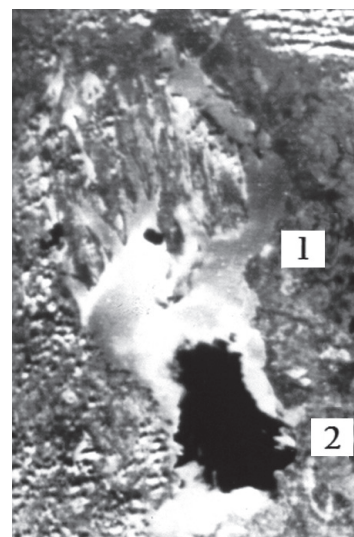


Рис. 6. Среднемноголетнее распределение скорости течений по вертикали в глубоководной зоне озера по данным моделирования на климатический модели (Ladoga and Onego., 2010) (в см/с): 1 – 10 июня, 2 – август, 3 – октябрь, 4 – ноябрь

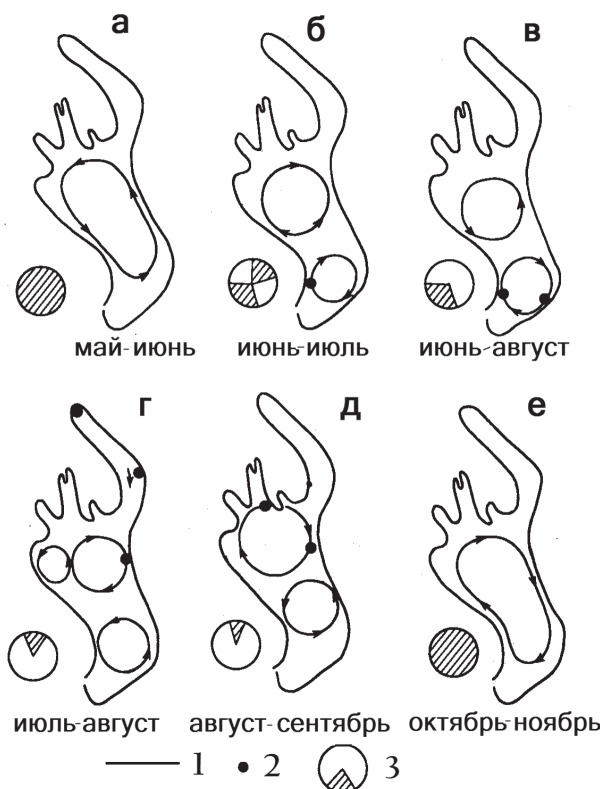
Авторы: Н.И. Пальшин, Н.Н. Филатов

ПРИБРЕЖНЫЙ АПВЕЛЛИНГ

Прибрежный апвеллинг (экмановский) – подъем относительно холодных вод из придонных горизонтов озера при определенном направлении ветра. При апвеллинге существенно меняется циркуляция вод в озере. Для их изучения были использованы многолетние дистанционные (спутниковые и самолетные) наблюдения, результаты инструментальных измерений и моделирования течений и температуры воды в озере при разном комплексе условий (скорости и направлении ветра). Апвеллинг проявляется в озере при строго определенных гидрометеорологических условиях (направлении вдольберегового ветра, особенностей стратификации вод, сезона). При наличии термобара в мае-июне, когда стратифицированная прибрежная зона занимает менее 10 % акватории, циркуляция вод в зоне, ограниченной термобаром и берегом, носит в общем циклональный характер. Даже при штормовых ветрах со скоростью более 20 м/с апвеллинг в это время не наблюдается. Циклоническая циркуляция вод наиболее ярко проявляется в мае-июне при циклонической завихренности поля ветра над озером, обусловленной образованием локального атмосферного циклона над озером. На космическом снимке видно проявление локального циклона над озером при термобаре. Апвеллинг с резкими изменениями температуры воды на поверхности озера до 3–5 °С проявляется 1–3 раза в год. Время генерации апвеллинга – менее 1 сут, а существования – 1–3 дня.



На рисунке схематично показаны зоны проявления прибрежного апвеллинга при разных направлениях ветра в разные месяцы навигационного периода и циркуляция вод (полный перенос).



Время проявления некоторых гидрофизических явлений

Явление	Данные многолетних наблюдений
Исчезновение ледового покрова	18 мая
Появление на поверхности изотермы $^{\circ}\text{C}$, весенний термобар	10–25 мая
Конец гидрологической весны, исчезновение термобара (изотермы 4°C) на поверхности, наступление прямой термической стратификации	20–25 июня
Толщина верхнего перемешанного слоя (эпилимниона) поздним летом, август	20–25 м
Появление на поверхности изотермы 4°C , осенний термобар	Конец октября – начало ноября
Исчезновение на поверхности изотермы 4°C , наступление гомотермии	Середина декабря
Установление полного ледового покрова	18 января

Условные обозначения к рисунку:

1. Направление циркуляции вод.
2. Зона проявления апвеллинга.
3. Направление скорости ветра, при котором возникает апвеллинг

Автор: Н.Н. Филатов

ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ

Внутренние волны (ВВ) представляют собой возмущения некоторого устойчивого состояния стратифицированной жидкости и стремление вернуться в исходное положение путем восстанавливающего действия разных сил. Эти волны возникают в толще вод (в эпилимнионе) озера, когда стратифицированная водная масса будет выведена из состояния равновесия резкими порывами ветра, перепадами атмосферного давления, разными видами неустойчивости течений, при набегании стратифицированного потока на неровности дна и другими причинами. Таким образом, внутренние волны в озере наблюдаются в период существования термобара в стратифицированной зоне, во время летней стратификации и в стратифицированной зоне озера при осеннем термобаре (см. таблицу в разделе «Прибрежный апвеллинг»). С внутренними волнами связаны определенные виды течений в толще вод. Высота ВВ в озере существенно больше высоты поверхностных волн и может достигать 20 м. В период стратификации в озере возникает сложная система внутренних волн Кельвина, охватывающих все озеро, волн Пуанкаре с периодом, близким к локальному инерционному, равному 13,5 ч, внутренние сейши (стоячие ВВ), солитоны (бор на термоклине), пакеты нелинейных волн, а также короткопериодные волны с периодами минуты. Минимальный период ВВ определяется особенностями стратификации озера и ограничен частотой Вьясала-Брента. На рис. 1а показана типичная картина изменчивости температуры воды на разных горизонтах на Онежском озере в июле 2004 г., где видно проявление внутренних волн разных видов, а на рис. 1б приведены профили температуры воды в разные даты, показывающие изменение профиля во времени из-за внутренних волн.

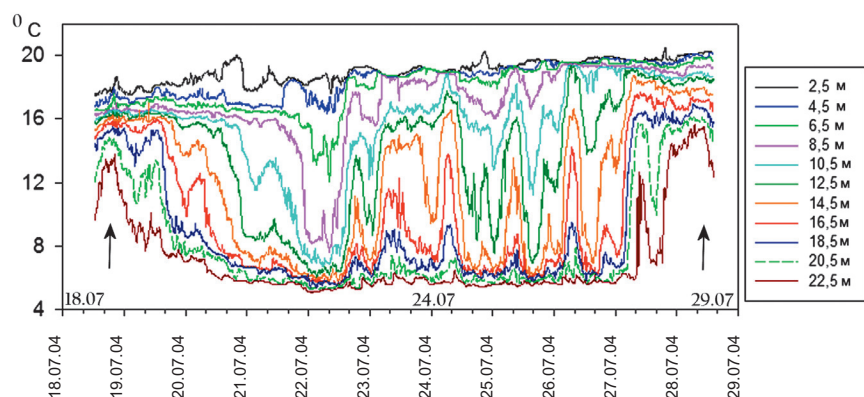


Рис. 1а

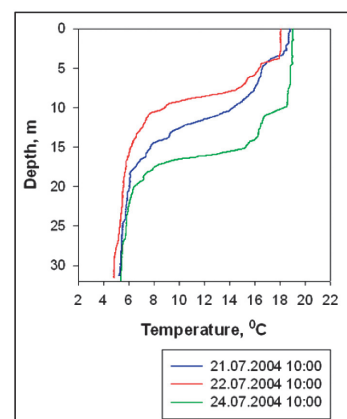


Рис. 1б

На рисунке 2 представлены нестационарные вейвлеты, характеризующие сложный, меняющийся во времени спектр внутренних волн по данным измерений в 2004 г. на озере. На нем выделяются волны Кельвина, имеющие временные масштабы несколько суток, волны Пуанкаре, а также одиночную волну – бор с амплитудой более 10 м 22 июля, при разрушении которой возникает пакет нелинейных ВВ и короткие ВВ.

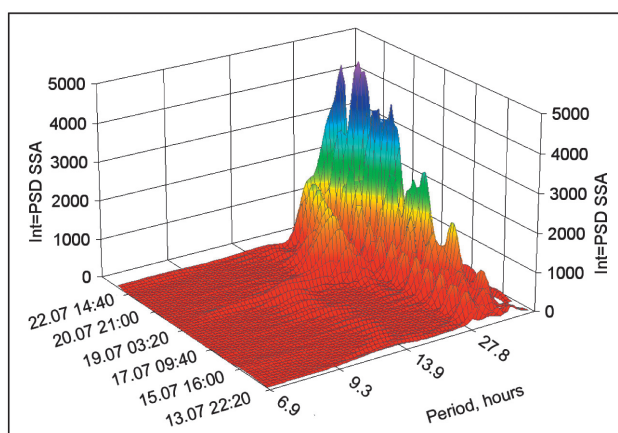


Рис. 2

Автор: Н.Н. Филатов

КЛИМАТ

Климатические условия района Онежского озера определяются интенсивным, преобладающим в течение всего года западным переносом воздушных масс, малым количеством поступающей солнечной радиации и особенностями рельефа местности. Климат региона можно охарактеризовать как переходный от морского к континентальному, по условиям образования он принадлежит к атлантико-арктической зоне умеренного пояса.

Температура воздуха. Среднегодовая температура воздуха составляет 2,0–2,5 °С, средняя температура июля +15,5...+16,5 °С, января –11,0...–12,0 °С. На островах Онежского озера февраль холоднее января примерно на 1 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха в районе Онежского озера составил –49 °С (январь 1940 г., МС Колодозеро), абсолютный максимум был отмечен в июле 1972 г. на МС Пудож и составил +36 °С. В весенне-летний период (апрель-июль) наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются над центром озера, в сентябре-декабре, напротив, над этой частью территории удерживаются самые высокие температуры. Безморозный период на островах в среднем длится 135 дней, в то время как на берегу он равен 105 дням в Пудоже и 126 дням за год в Петрозаводске.

Ветер. В течение года в этой части Карелии преобладают ветры южной четверти со средней скоростью 3–4 м/с. На формирование ветрового режима районов Онежского озера большое влияние оказывают физико-географические особенности отдельных участков водоема. В Повенецком заливе, который вытянут с юго-востока на северо-запад, преобладающими являются ветры именно этих направлений. Над восточным побережьем Онега господствуют южные, юго-западные и восточные ветры, над западным побережьем озера преобладают ветры западных и юго-западных направлений. На островах в озере ветровой режим несколько отличается от берегового, поскольку отсутствуют искажения, вызванные особенностями рельефа. Значительно возрастает повторяемость северных ветров и снижается повторяемость ветров западных направлений. Скорости ветра всех направлений различаются мало, составляют в среднем от 5,5 до 7 м/с и всегда превышают скорости ветра на береговых станциях. В летнее время в прибрежной зоне Онежского озера создаются условия для возникновения местной циркуляции воздуха, которая проявляется в виде бризовых ветров. Бризы распространяются на расстояние до 20 км вглубь побережья и на 3–10 км над озером.

Атмосферное давление изменяется в довольно широких пределах и в среднем составляет 1000–1005 гПа. Частое прохождение циклонов над территорией Карелии вызывает большую изменчивость значений метеоэлементов за короткие промежутки времени. Изменение атмосферного давления за сутки может достигать 40 гПа.

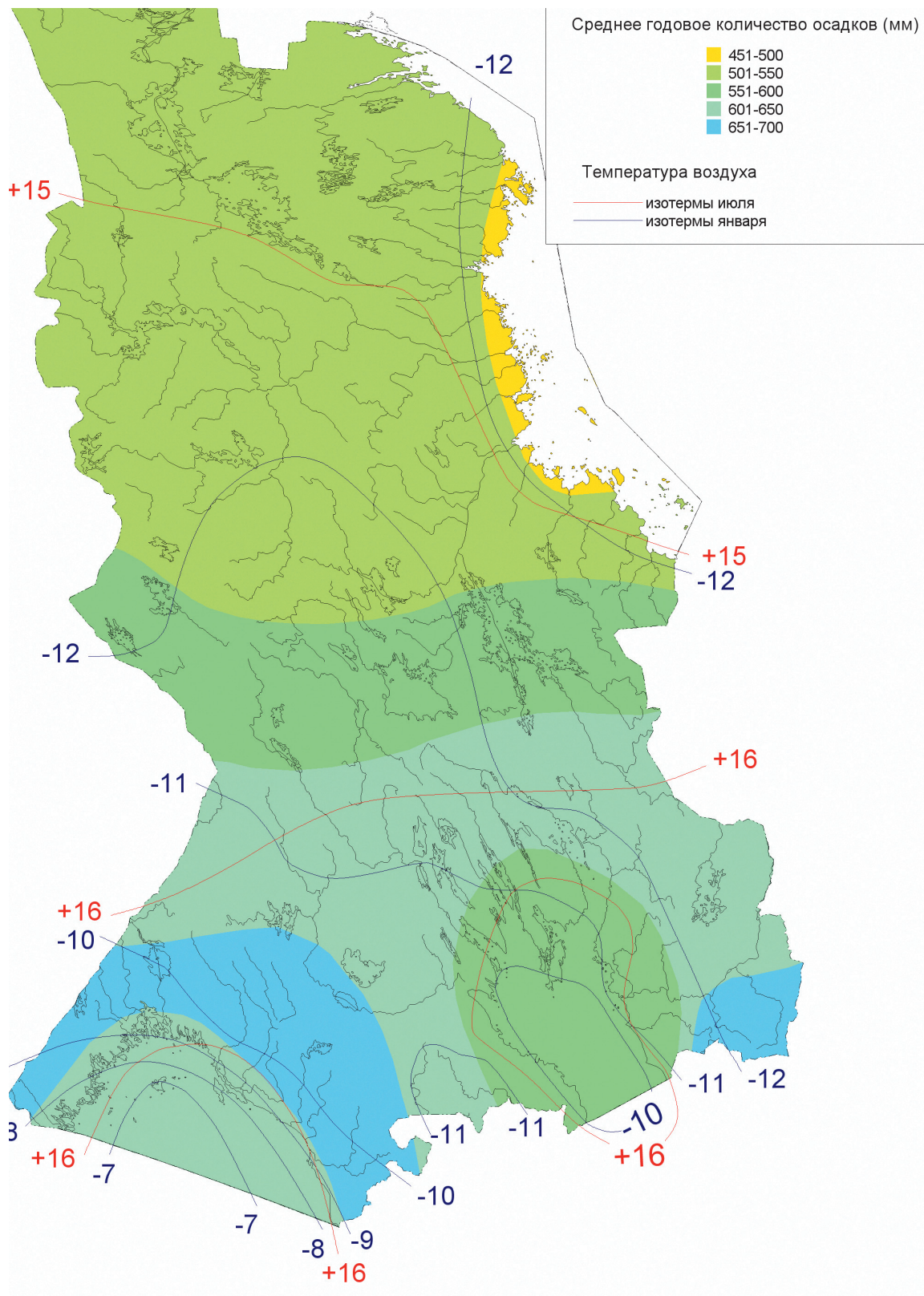
Влажность воздуха, атмосферные осадки. Морской воздух с Атлантики обуславливает высокую относительную влажность воздуха во все сезоны года (70–90 %). Число дней с относительной влажностью менее 30 % составляет всего 3–9 дней за год. Территория района избыточно увлажнена. За год выпадает около 650–750 мм осадков. Число дней в году с осадками для акватории Онежского озера достигает 180–190. Жидкие осадки наблюдаются в каждом месяце года (максимум – в июле–августе, минимум – в январе–феврале) и составляют 60–65 % от годовой суммы, твердые осадки – 24–25 %, смешанные – 10–15 % годовых.

Облачность. Интенсивная циклоническая деятельность приводит к развитию значительной облачности во все сезоны года. Среднегодовые величины общей облачности над Онега – 7–8 баллов (по десятибалльной шкале). Наибольшие значения количества облачности наблюдаются в осенние месяцы с максимумом в ноябре (8,8 балла общей облачности). Повторяемость пасмурного состояния неба в этот период составляет 83–88 %. К марту количество облачности значительно убывает, а в период с марта по июль в среднем не превышает 6,5 балла. Пространственное распределение облачности над акваторией Онежского озера довольно однородно. Различия в количестве облачности над центром озера и над побережьем не превышают 1,0–1,3 балла. За год в районе Петрозаводска и Медвежьегорска отмечается в среднем 190 пасмурных дней, в открытом озере – около 180.

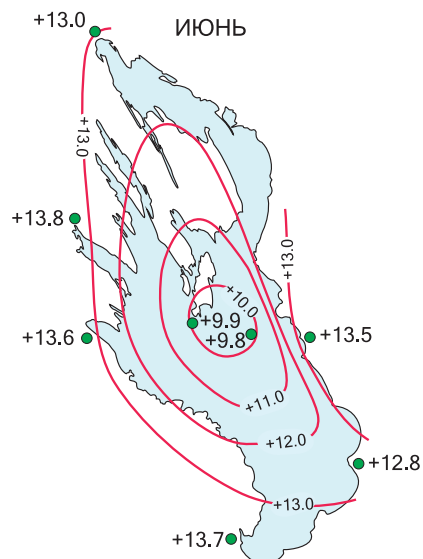
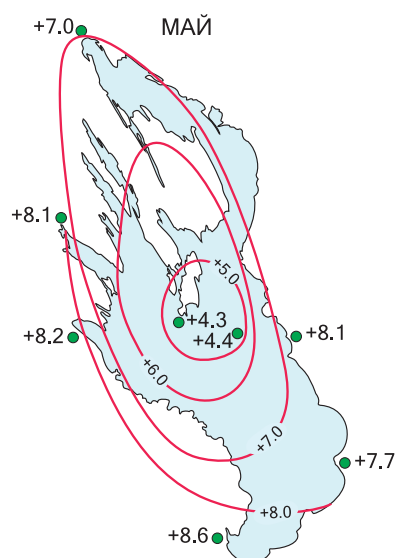
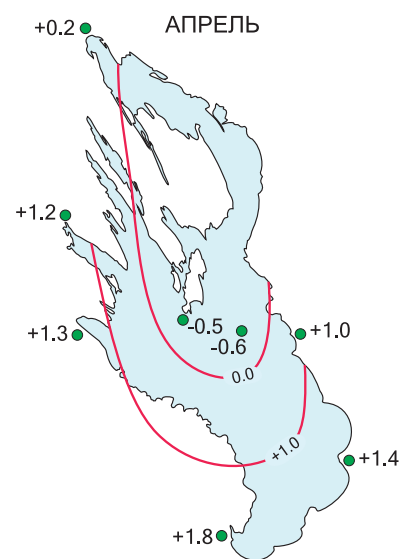
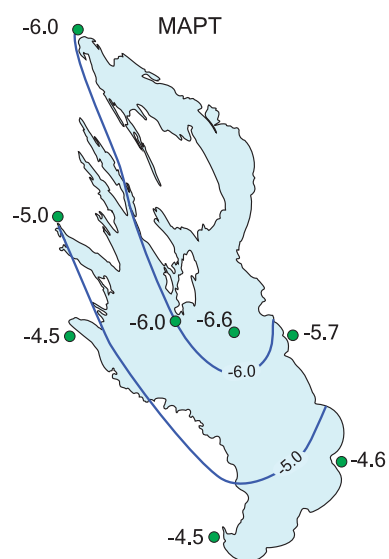
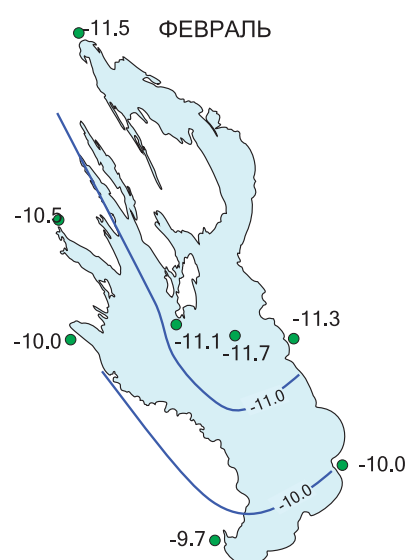
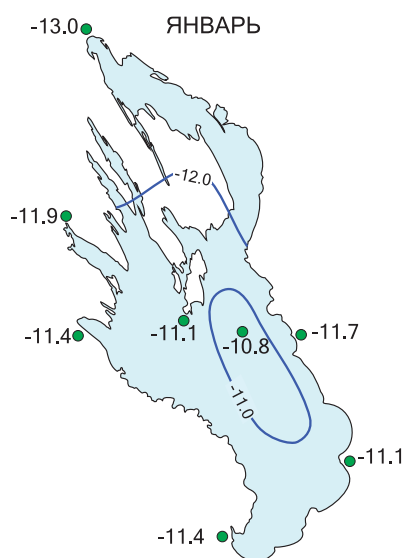
Продолжительность солнечного сияния. Преобладание пасмурного состояния неба приводит к уменьшению продолжительности солнечного сияния в районе Онежского озера до 37–38 % от возможного. Число дней без солнца составляет 120–126 за год. Средняя многолетняя норма продолжительности солнечного сияния для береговых метеорологических станций увеличивается от 1616 часов в Медвежьегорске до 1694 часов в год в Пудожье.

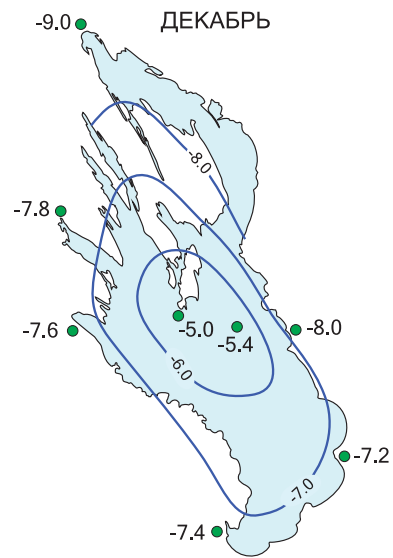
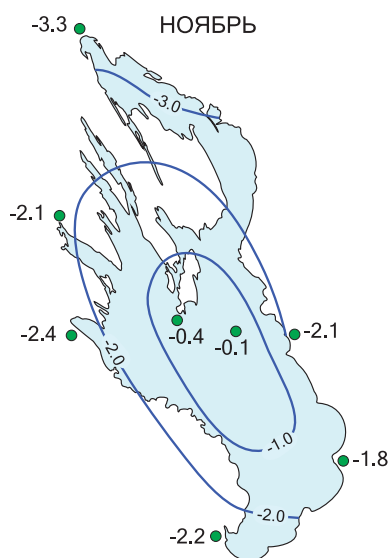
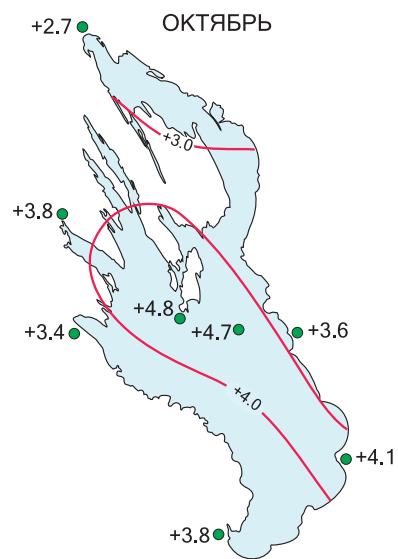
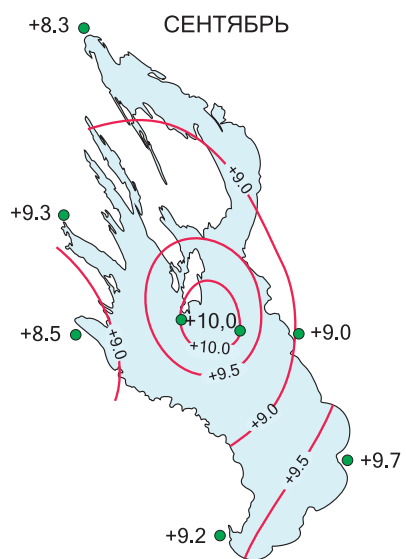
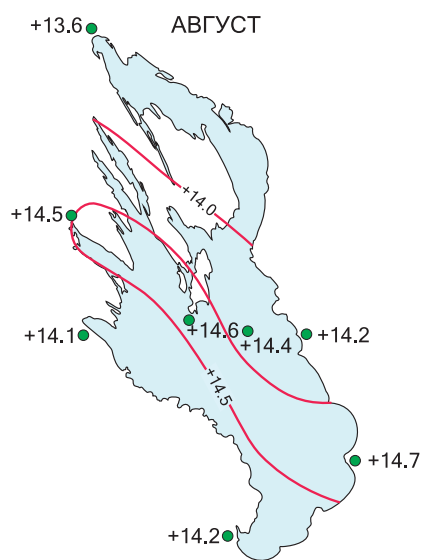
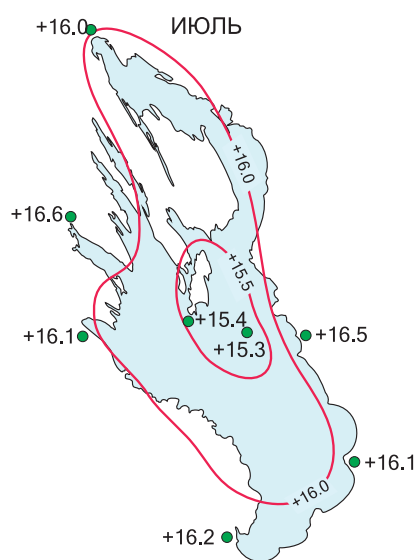
Автор: Л.Е. Назарова

КАРТА-СХЕМА КЛИМАТА КАРЕЛИИ

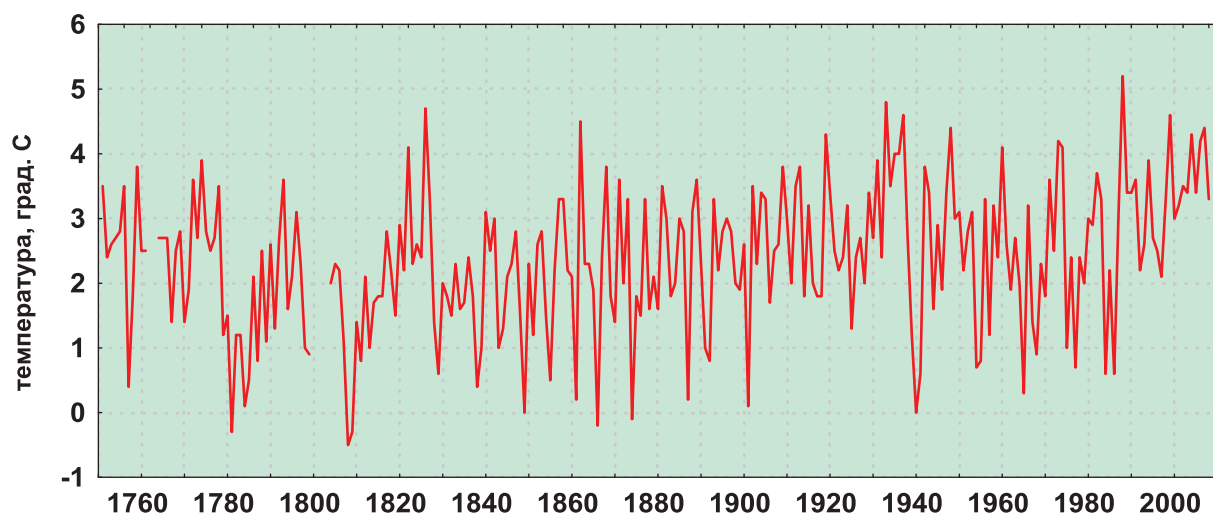


СРЕДНЕЕ МНОГОЛЕТНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ОЗЕРА (1961–1990 гг.)

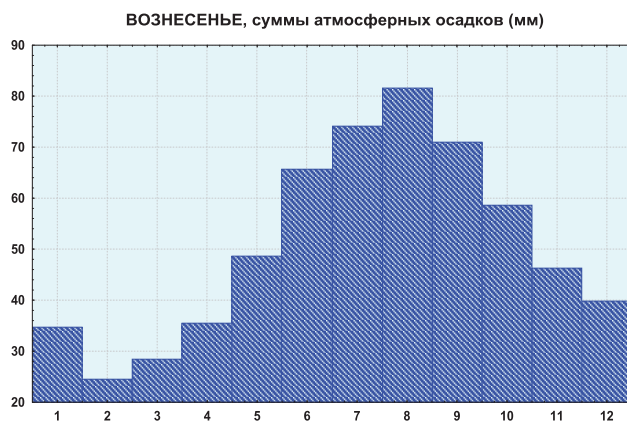
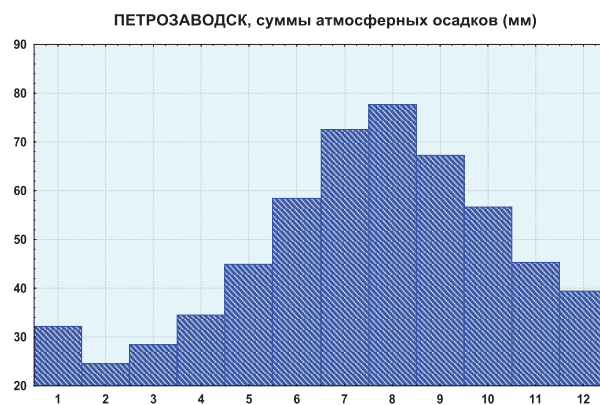
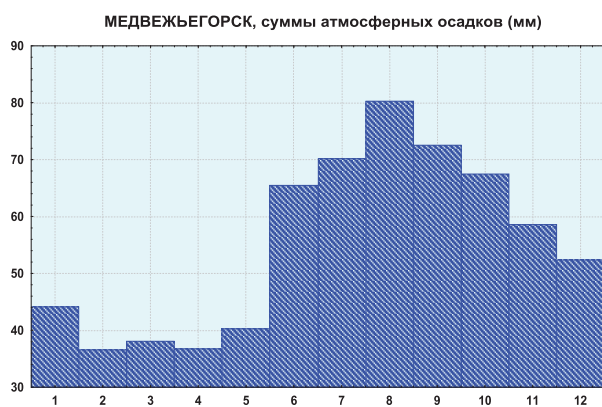




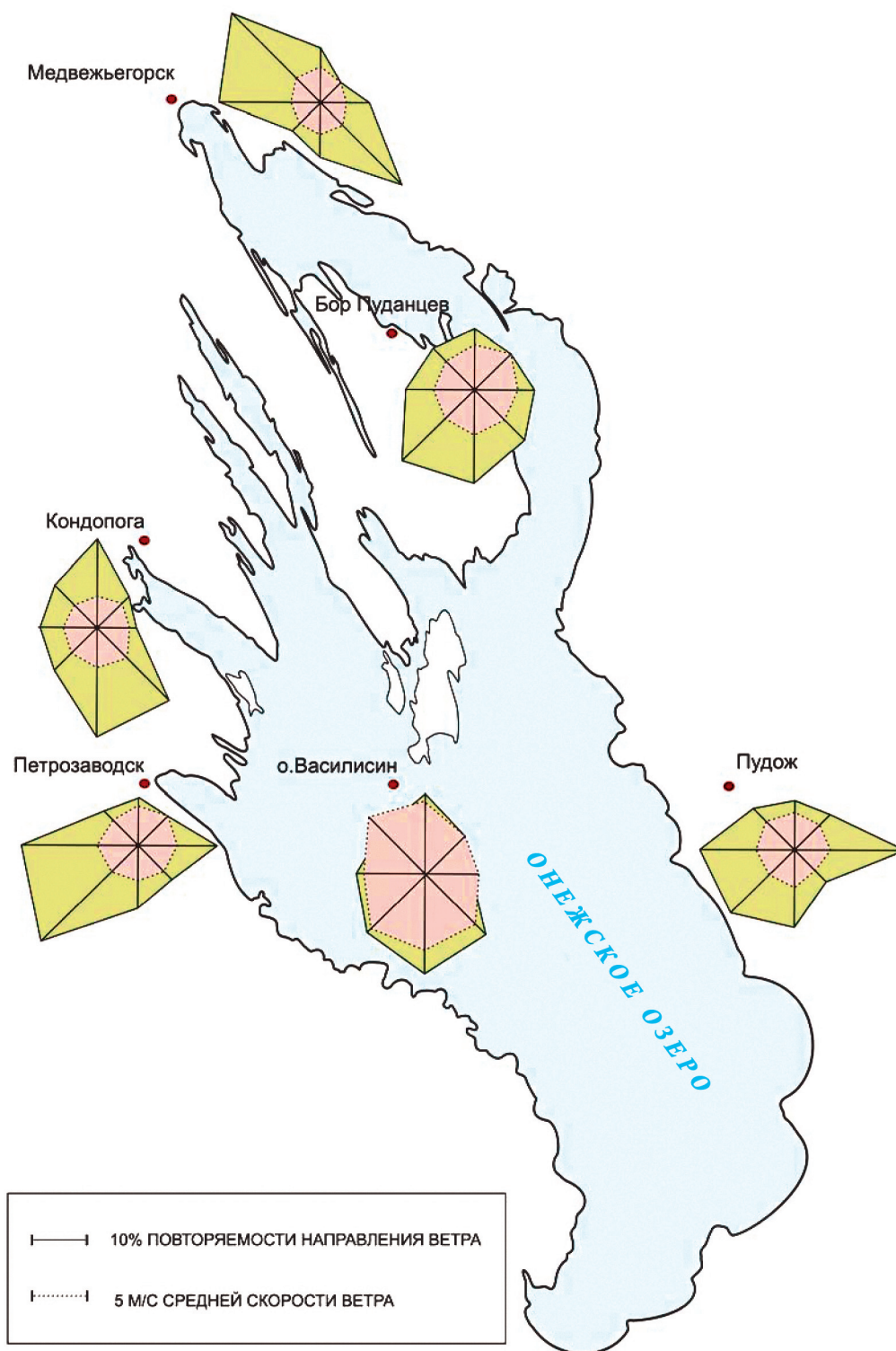
СРЕДНЕГОДОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ ПО ст. ПЕТРОЗАВОДСК



ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ИЗМЕРЕННЫХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ (1961–2000 гг.)



**СРЕДНЕМНОГОЛЕТНИЕ РОЗЫ ПОВТОРЯЕМОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ
И СКОРОСТИ ВЕТРА ЗА 1961–1990 гг. В РАЙОНЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА**



Автор: Л.Е. Назарова

ГИДРОХИМИЯ И ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Химический состав воды озера есть результирующее отражение сложного взаимодействия процессов, происходящих на его водосборе и в самом водоеме под действием природных и антропогенных факторов.

Интенсивность внутриводоемных процессов в озере определяется географической зоной, в которой расположен водоем, спецификой водоема, главным образом его морфометрией и водообменом, особенностями водосборного бассейна и техногенным воздействием на него. Озеро – накапливающий и трансформирующий элемент ландшафта. Многие из попадающих в него веществ удерживаются в различных звеньях экосистемы.

Северное расположение водосборного бассейна Онежского озера (60° 25' и 63° 34' с. ш.) и преобладание западного переноса воздушных масс с Атлантики определяют малое количество солнечной радиации и превышение годовой суммы осадков над испарением. Следствием недостатка тепла и избытка влаги является сильный промывной режим почв и коры выветривания, высокая заболоченность и низкая интенсивность биохимических процессов. Это способствует накоплению продуктов неполного распада растительных остатков. В почвенном покрове заболоченной части водосбора господствуют подзолы иллювиально-железисто-гумусовые, что обуславливает высокое поступление гумуса и железа в воды рек. Особенно этим отличаются реки западного и юго-западного побережий, воды которых имеют низкую минерализацию воды, малую концентрацию соединений фосфора и повышенное содержание окрашенных органических веществ и железа.

Наряду с указанными общими факторами, к ряду различий в химическом составе и режиме рек бассейна озера приводят неоднородность геологического и геоморфологического строения бассейна, особенности его гидрографии. Воды рек, водосборные бассейны которых расположены в пределах Балтийского кристаллического щита, имеют меньшую минерализацию (ниже 100 мг/л), чем воды рек южного района, на осадочных породах Русской платформы.

Онежское озеро подразделяется на несколько районов, существенно различающихся по степени антропогенного влияния, по гидрофизическим, гидрохимическим, гидробиологическим и другим показателям, поэтому его экологический потенциал целесообразно рассматривать как для всего озера, так и для отдельных его районов. Территория юго-западного побережья озера наиболее развита в хозяйственном отношении. Непосредственно в озеро тремя крупными промышленными центрами – Петрозаводск, Кондопога, Медвежьегорск – сбрасывается около 105 млн м³ сточных вод в год. Хотя объем сбрасываемых сточных вод невелик относительно всей водной массы (около 0,36 % от объема озера), следует учитывать, что 50 % от общего их объема приходится на сточные воды целлюлозно-бумажного производства, которые наиболее трудно трансформируются в водоеме. В наибольшей степени антропогенное влияние сказывается на изменении гидрохимического режима Кондопожской губы и в меньшей степени – Петрозаводской губы и Большой губы Повенецкого залива.

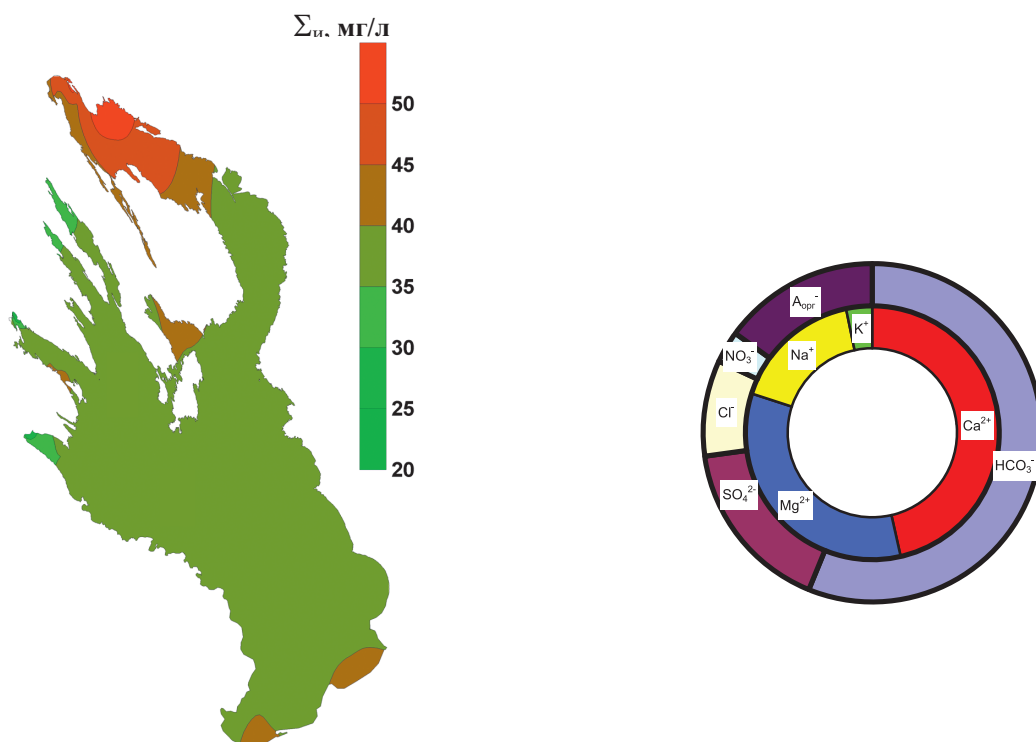
Особенности морфометрии, морфологии котловины крупного озера и термодинамических процессов в разных его районах, а также неравномерное распределение приточности и антропогенной нагрузки определяют пространственную и сезонную неоднородность химических показателей в отдельных его районах. Наибольшей изменчивостью во времени и пространстве характеризуются заливы-приемники сточных вод и прибрежная зона озера. Олиготрофное состояние основной водной массы озера (Центральное, Большое, Малое Онего, центральная часть Повенецкого залива) обусловлено рядом факторов – относительной изолированностью загрязненных губ, огромными объемами водной массы, дефицитом фосфора, сдерживающих развитие фитопланктона. Немаловажную роль в сохранении олиготрофного статуса открытой части озера играет перемешивание его вод, происходящее дважды в год – весной и осенью.

Автор: А.В. Сабылина

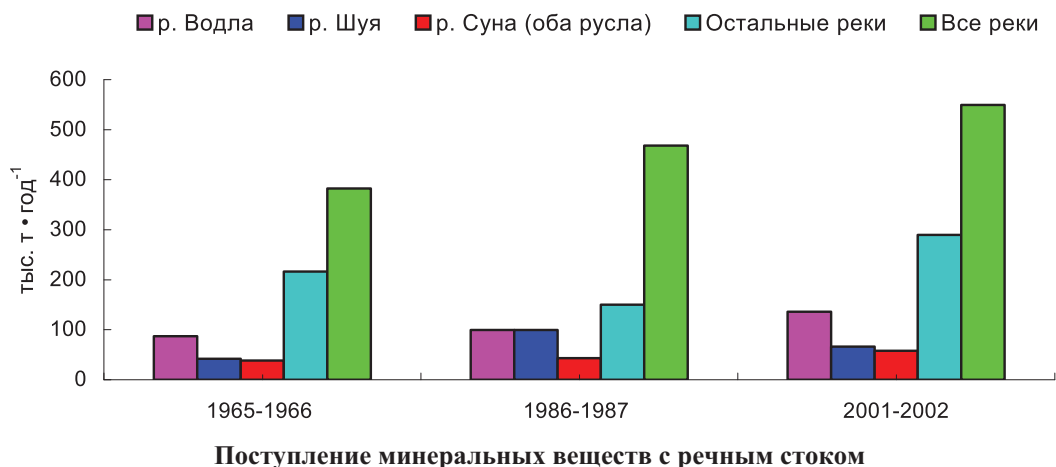
ГИДРОХИМИЯ ВОД

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ИОНОВ В ВОДАХ ОЗЕРА

Главной составляющей приходной части баланса минеральных веществ в озере является вынос их со стоком рек, дающий 91 % общего их поступления. Около 50 % минеральных веществ поступает со стоком главных притоков – Водла, Шуя, Суна (оба русла). Вода Онежского озера характеризуется низкой минерализацией (36,6 мг/л). Концентрация сульфатных ионов выше хлоридных. По классификации О.А. Алекина (1970), она относится к гидрокарбонатному классу группы Са и имеет индекс C_{II}^{Ca} . Основная водная масса водоема (залив Большое Онего, Центральный плес и Южное Онего) отличается стабильностью ионного состава и минерализации (36,5 мг/л). Повенецкий залив выделяется самой высокой минерализацией (46,5 мг/л) в пределах всего Онежского озера, а Петрозаводская губа – самой низкой (34,2 мг/л).



Распределение суммы ионов и эквивалентного содержания ионов в водах озера



Среднегодовое содержание воды Онежского озера

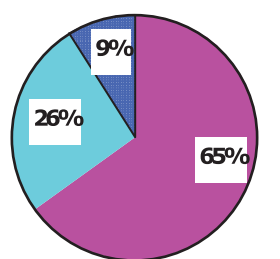
Размерность	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	A _{орг} ⁻	Σ _и
мг/л	5,2	2,3	2,2	0,7	19,0	4,5	1,8	0,9		36,6
ммоль-экв/л	0,258	0,188	0,094	0,018	0,312	0,094	0,051	0,018	0,101	0,558
%-экв	46,3	33,7	16,8	3,2	56,0	16,8	9,1	3,2	14,9	100

Примечание. A_{орг}⁻ – сумма анионов слабых органических кислот.

Авторы: А.В. Сабылина, С.А. Поленова, И.С. Родькина, И.Ю. Потапова, М.Б. Зобков

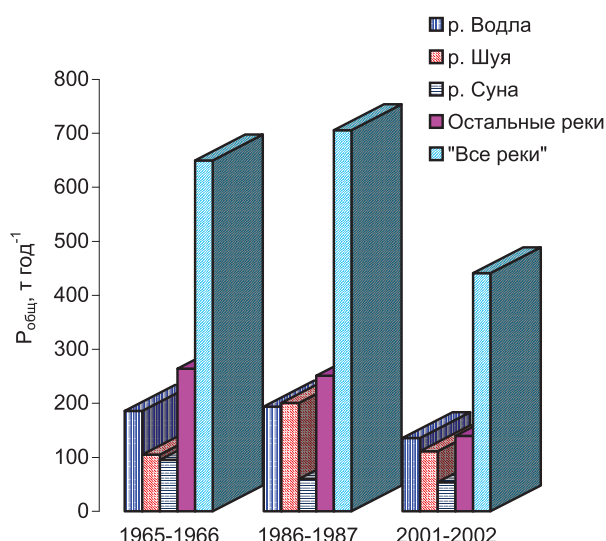
ФОСФОР

Карты, графики, таблицы и разрезы составлены по материалам наблюдений, выполненных в 1965–1966 гг. Институтом озерадения РАН и в 1965–2005 гг. Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН в результате комплексных исследований Онежского озера (Соловьева, Расплетина, 1973; Пирожкова, 1990; Сабылина, 1999).



Поступление общего фосфора в Онежское озеро от различных источников в 2001–2002 гг.

P_{общ} 680 т · год⁻¹



Поступление общего фосфора с речным стоком

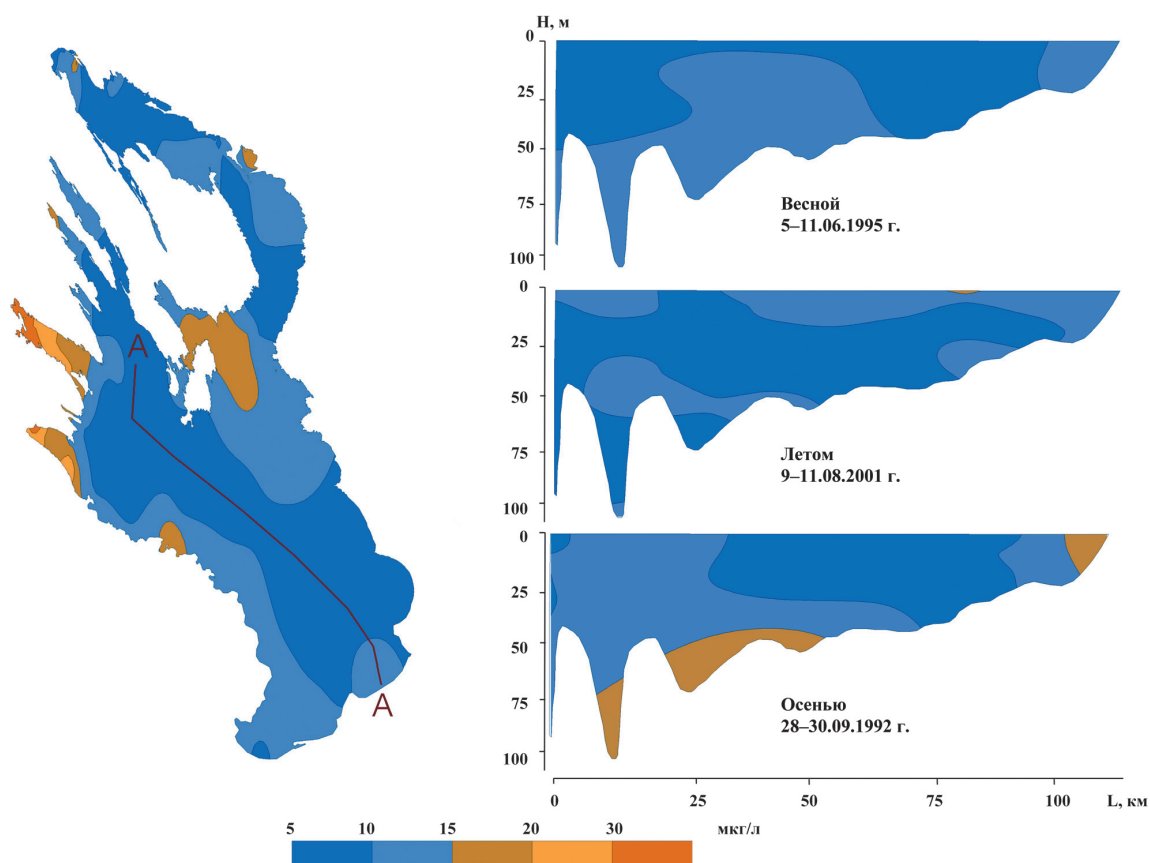
Интенсивная хозяйственная деятельность на территории крупных заливов озера – Кондопожского, Петрозаводского и Большой губы Повенецкого залива – привела к росту концентраций общего фосфора в воде заливов и, как следствие этого, к развитию процесса антропогенного эвтрофирования в губах.

Главной составляющей приходной части баланса общего фосфора является вынос его со стоком рек, дающий около 70 % общего поступления. Наибольшее поступление фосфора с речным стоком наблюдалось во второй половине 1980-х гг., наименьшее – в начале 2000-х, что в первом случае связано с

Речная и антропогенная (Lp) нагрузка на отдельные заливы и озеро в 2000–2004 гг., г м⁻² год⁻¹

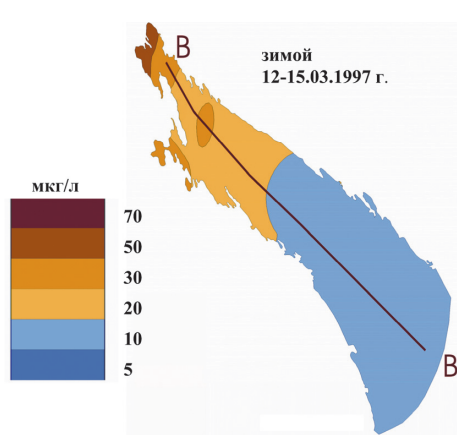
Заливы	Площадь, км ²	Lp	
		Речная	Антропогенная
Петрозаводская губа	73	1,6	1,4
Кондопожская губа	223	0,24	0,34
Большая губа Повенецкого залива	117	0,03	0,12
Общая по озеру	9693	0,10	

интенсификацией хозяйственной деятельности на водосборе, а во втором – с ее спадом. Следует учитывать также низкую водность 2000–2002 гг. За период с 1965 по 2002 г. среднее поступление общего фосфора с речным стоком составило 600 т в год. Общее поступление фосфора в водоем с речным стоком, с атмосферными осадками и сточными водами в среднем за период с 1985 по 2002 г. составило 800 т в год.

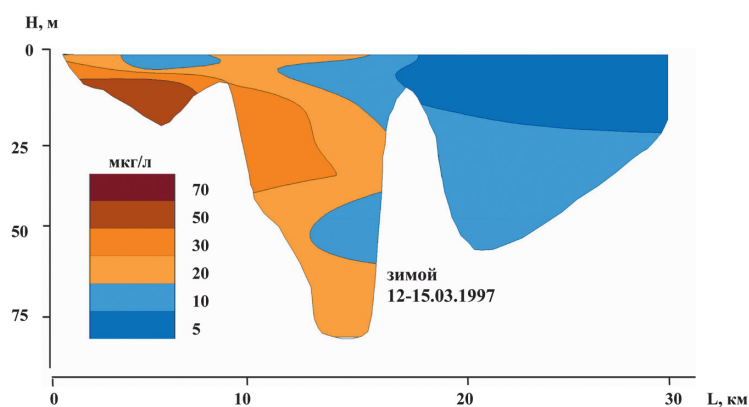


**Распределение общего фосфора
в поверхностном слое воды летом**

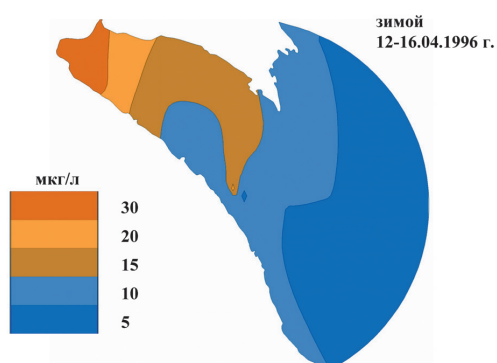
**Распределение общего фосфора по разрезу А-А,
мкг/л**



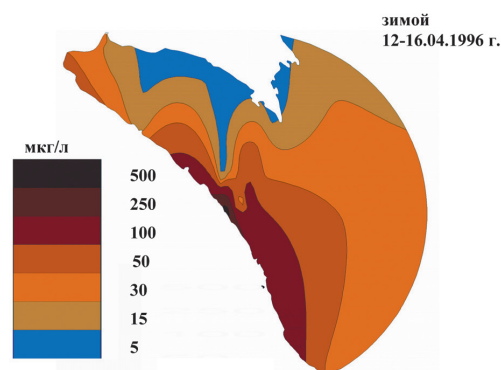
**Распределение общего фосфора
в поверхностном слое воды
Кондопожской губы**



**Распределение общего фосфора в водной толще
по разрезу В-В**



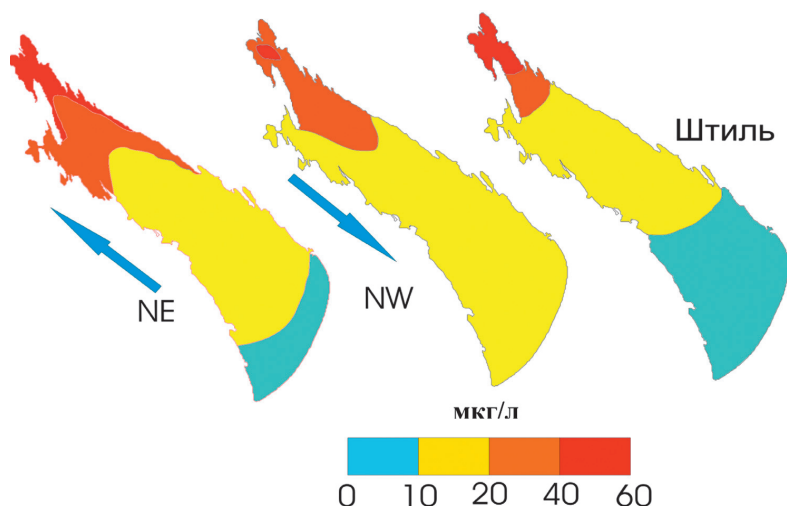
Распределение общего фосфора в поверхностном слое воды Петрозаводской губы



Распределение общего фосфора в придонном слое воды Петрозаводской губы

Профундальный район озера (Центральное Онего, Малое Онего, центральная часть Поленовского залива) сохраняет в настоящее время свой олиготрофный статус. Его воды характеризуются низким содержанием общего фосфора, что сдерживает развитие фитопланктона.

На картах показано среднее за период с 1985 по 2005 г. распределение общего фосфора (мкг/л) в поверхностном слое воды в озере и в губах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию, которое определяется местоположением основных источников поступления фосфора и термогидродинамическими условиями в озере. Средняя концентрация общего фосфора в открытый период года в профундальной области составила 12 мкг/л, что в 1,5 раза выше, чем в середине 60-х гг., и минерального – 2–4 мкг/л против 1–2 мкг/л в 1965–1966 гг. В Кондопожской и Петрозаводской губах среднее содержание общего фосфора равняется 32 и 22 мкг/л, минерального – 12 и 17 мкг/л. В первой губе среднее содержание общего фосфора за последние 20 лет увеличилось в 1,5 раза.



Распределение общего фосфора в поверхностном слое воды Кондопожской губы в зависимости от направления ветра, мкг/л

В последние 10–15 лет в открытый период года в поверхностном слое воды в Центральном плесе озера стали периодически отмечаться отдельные пятна высокие концентрации фосфора (до 20 мкг/л), что связано с выносом сточных вод Петрозаводского промцентра в открытое озеро.

В Кондопожской губе в период зимней стагнации сточные воды от рассеивающего выпуска распространяются в 10–30-метровой толще воды на расстояние до 20 км от места их выпуска. В весенне-летний период на характер распространения сточных вод по акватории губы, а следовательно и общего фосфора, существенное влияние оказывают сгонно-нагонные явления, возникающие в результате ветрового воздействия.

Наибольшая фосфорная нагрузка, приуроченная к Петрозаводской губе, в основном складывается из двух источников поступления фосфора: со стоком р. Шуи и со сточными водами Петрозаводского промцентра. В открытый период года благодаря высокому водообмену (3–4 недели) губы с Центральным плесом озера средняя концентрация фосфора в поверхностном слое воды составляет 21 мкг/л. В зимнюю межень средняя концентрация фосфора в по-

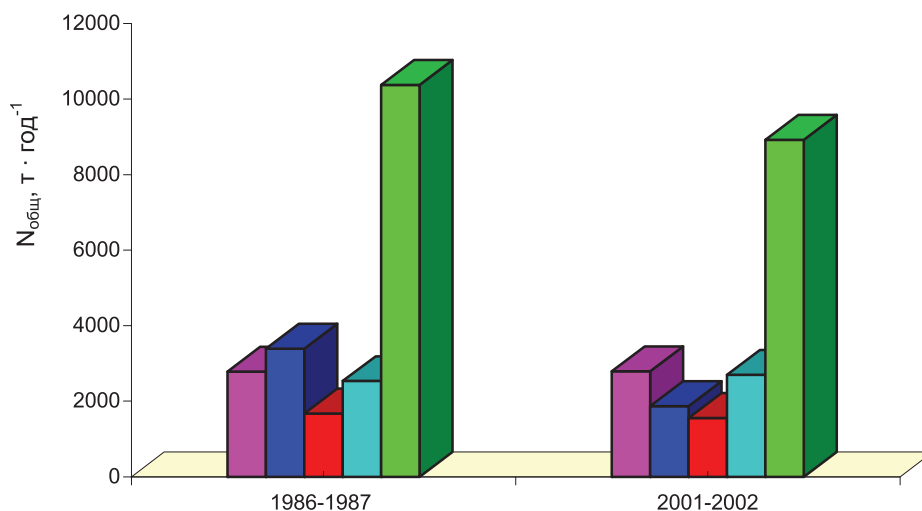
верхностном слое равняется 17 мкг/л, в придонном – 59 мкг/л. В придонном слое воды губы максимальные концентрации фосфора (111–665 мкг/л) отмечаются непосредственно вблизи сброса сточных вод Петрозаводского промцентра.

Авторы: А.В. Сабылина, Е.А. Селиванова, М.Б. Зобков

АЗОТ

Азот является вторым компонентом (после фосфора), влияющим на биопродуктивность водоема. Содержание его в воде Онежского озера в вегетационный период года не лимитирует развитие гидробионтов.

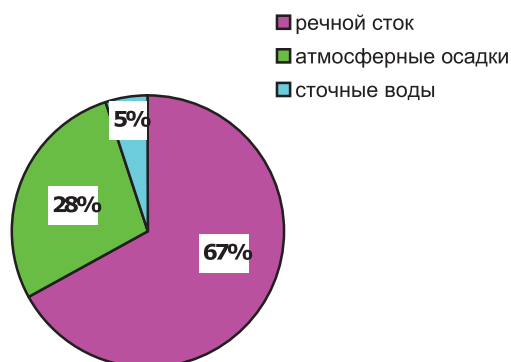
■ р. Водла ■ р. Шуя ■ р. Суна (оба русла) ■ Остальные реки ■ Все реки



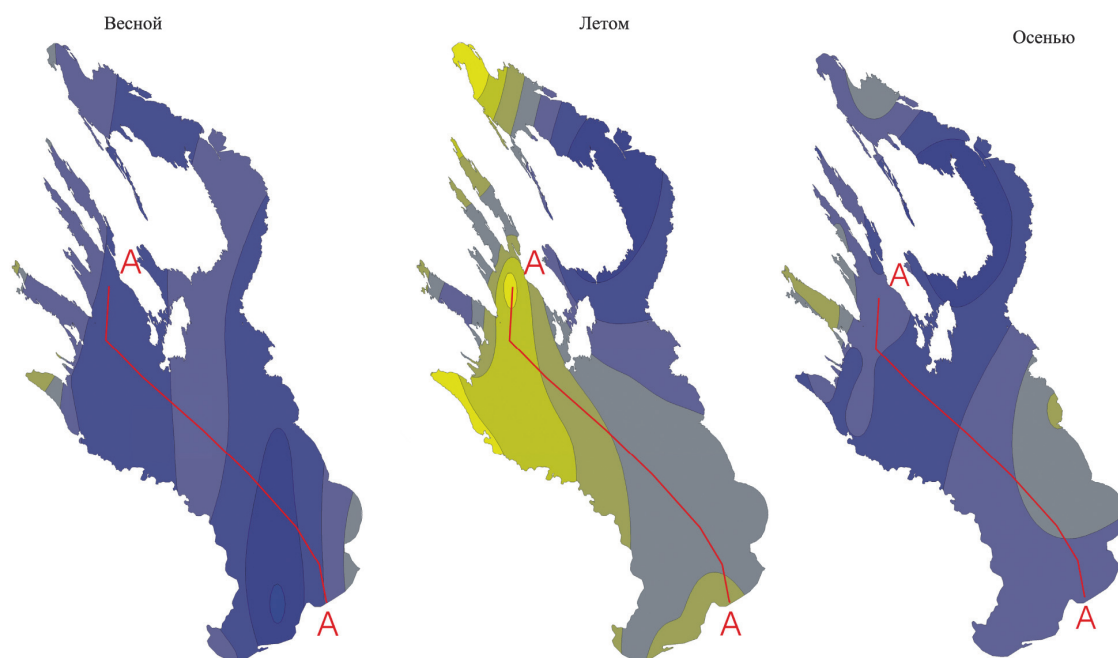
Поступление общего азота с речным стоком

Основной составляющей приходной части баланса общего азота является речной сток. С водой притоков в озеро поступает около 65 % общего азота. В 1986–1987 гг. наибольшее поступление азота было с водами р. Шуи, что обусловлено интенсификацией сельского хозяйства на водосборном бассейне реки. В начале 2000-х гг. вынос его с водами р. Шуи уменьшился в 1,8 раза. За период 1986–2002 гг. общее поступление азота от различных источников в озеро составляет 14 тыс. т в год. На круговой диаграмме представлен баланс общего азота в озере в 2001–2002 гг. Среднегодовая азотная нагрузка на озеро близка к 2 г/м².

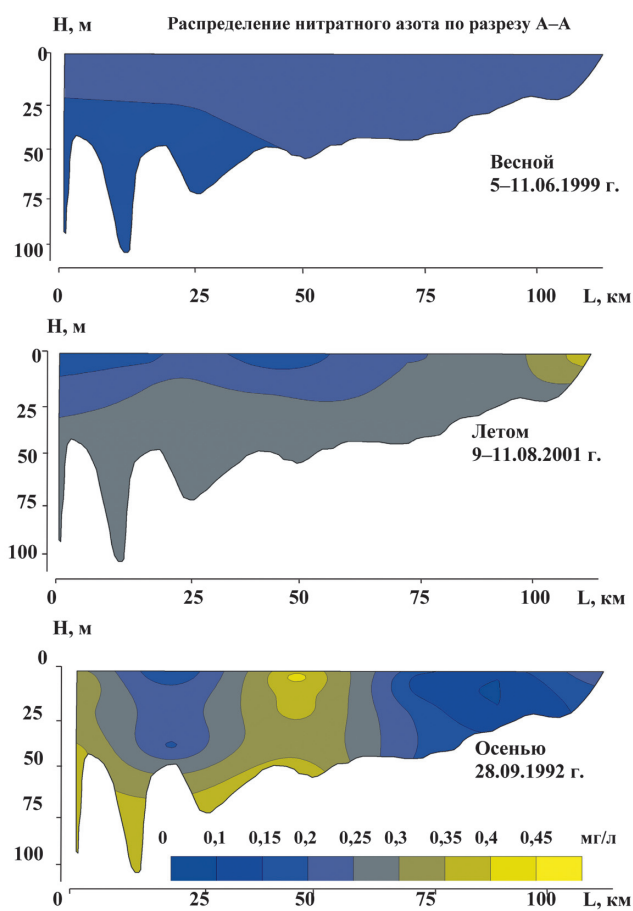
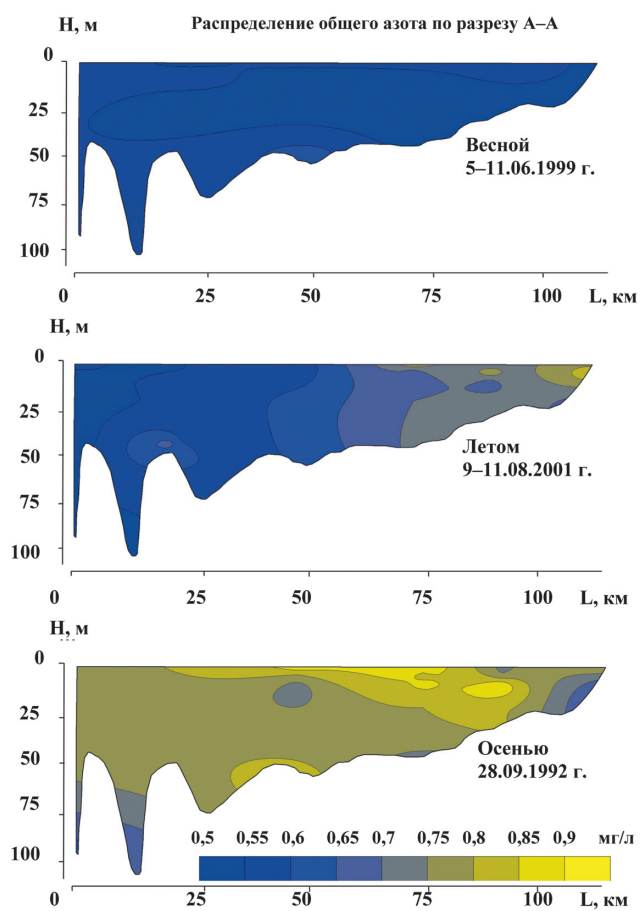
$N_{\text{общ}} \quad 13271 \text{ т} \cdot \text{год}^{-1}$



Поступление общего азота в Онежское озеро от различных источников в 2001–2002 гг.



Распределение общего азота в поверхностном слое воды



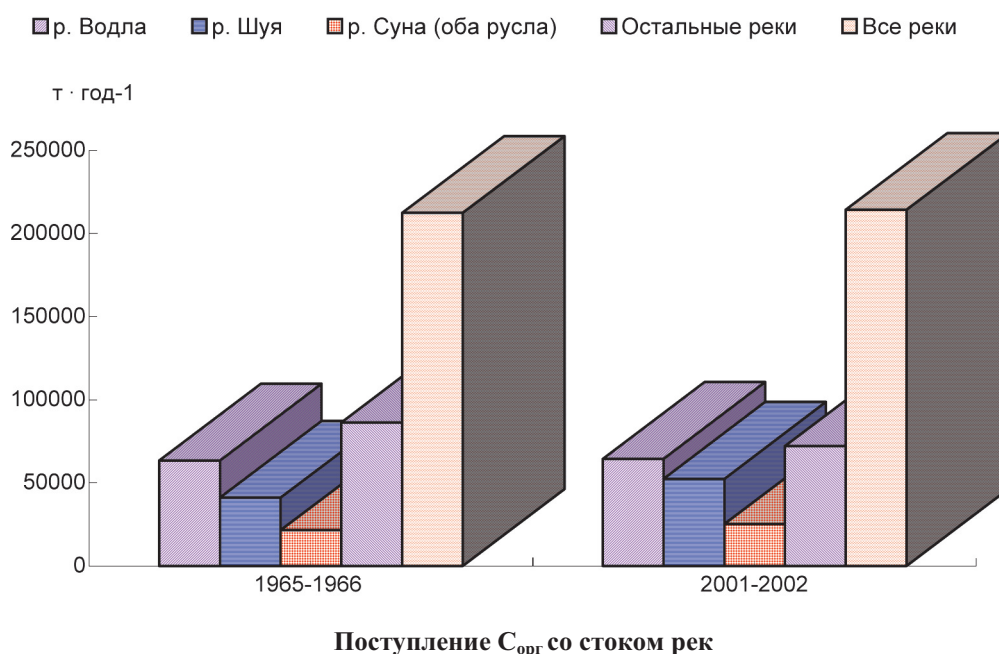
Распределение общего и нитратного азота по разрезу А-А

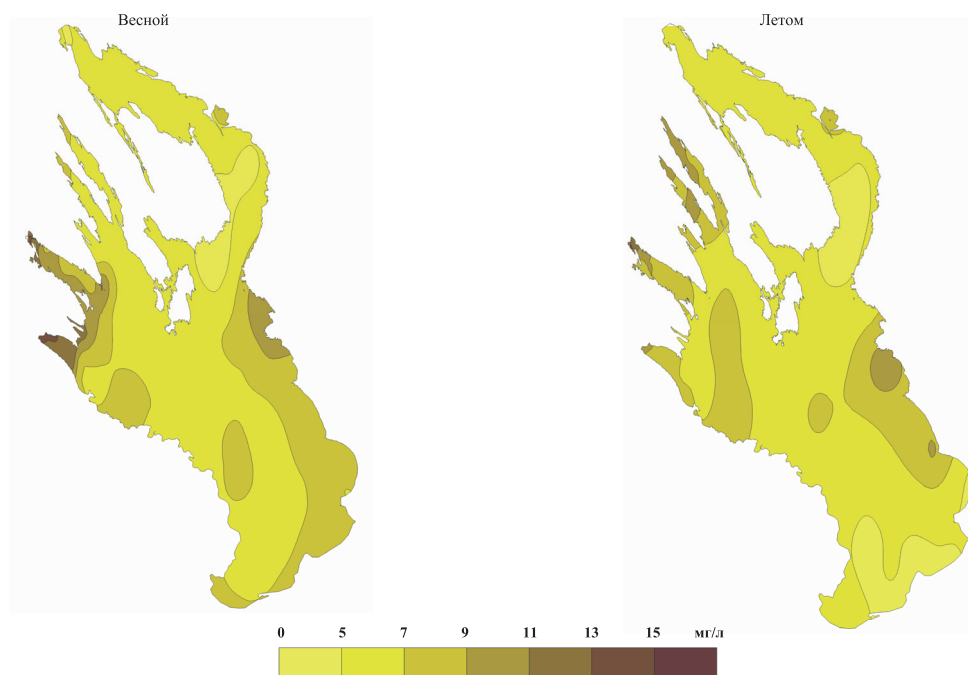
За период с 1985 по 2005 г. среднее содержание общего азота в основной водной массе озера составляет 0,55 мг/л, нитратного азота – 0,2 мг/л, аммонийного – 0,05 мг/л. Пространственное распределение концентрации общего азота в Центральном, Большом, Южном и Малом Онего и центральной части Повенецкого залива отличается высокой однородностью. В Кондопожской и Петрозаводской губах, подверженных влиянию речного стока и антропогенных факторов, среднее содержание общего азота в открытый период года в 1985–2005 гг. составляет 0,62 и 0,60 мг/л соответственно. Концентрация нитратного азота в Кондопожской губе после пуска станции биологической очистки сточных вод целлюлозно-бумажного предприятия увеличилась с 0,10–0,13 до 0,20 мг/л. Представленное на разрезах распределение нитратного азота указывает на незначительное снижение его в летний период. Минимальные значения нитратного азота (0,15–0,17 мг/л) приурочены к слою эпилимниона, что объясняется потреблением его фитопланктоном.

Авторы: А.В. Сабылина, Н.А. Кукконен, М.Б. Зобков

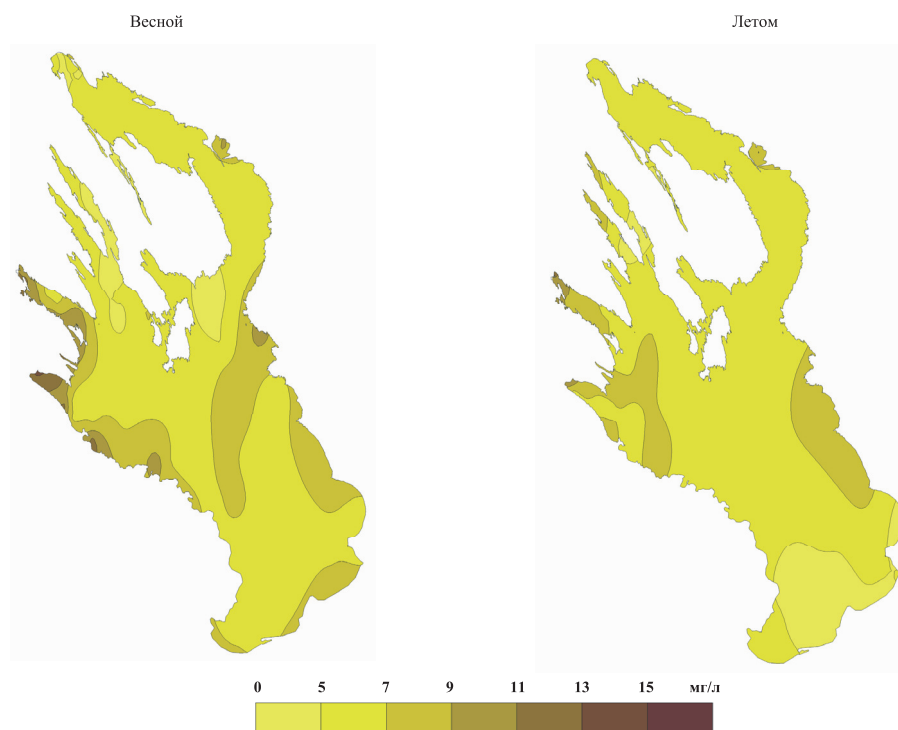
ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД

Главным источником поступления органического вещества в Онежское озеро является речной сток, дающий 70–80 % общего его поступления. За период с 1965 по 2002 г. среднее поступление органического углерода (ТОС) в озеро с речным стоком составило 213 тыс. т. Около 40 % органического углерода поступает весной. В 2001–2002 гг. общее поступление органического углерода в водоем, включающее вынос со стоком рек, выпадения с атмосферными осадками на зеркало озера и сброс со сточными водами, составило 234 тыс. т. Представленные карты основаны на материалах наблюдений, выполненных в 1988–2005 гг. Малая межгодовая и сезонная изменчивость содержания общего органического углерода обширного профундального района озера (Центральное, Большое, Малое Онего, центральная часть Повенецкого залива) свидетельствует о стабильности озерной экосистемы. Среднегодовая концентрация ТОС в этом районе озера составляет 6,2 мг/л, а диапазон сезонных колебаний не превышает 10 %. По изменчивости содержания ТОС с середины 1960-х гг. до 2005 г. в водах Кондопожской губы, подверженной интенсивному антропогенному воздействию вследствие сброса сточных вод Кондопожского ЦБК, можно судить о неустойчивости экосистемы губы. С момента пуска СБО промышленных сточных вод (1985 г.) концентрация ТОС в вершинной части губы уменьшилась в три раза и составляет 11,2 мг/л. Однако диапазон колебаний содержания ТОС по акватории губы велик. Высокие среднегодовые концентрации ТОС (9,2 мг/л) в Петрозаводской губе обусловлены его поступлением с водами р. Шуи.





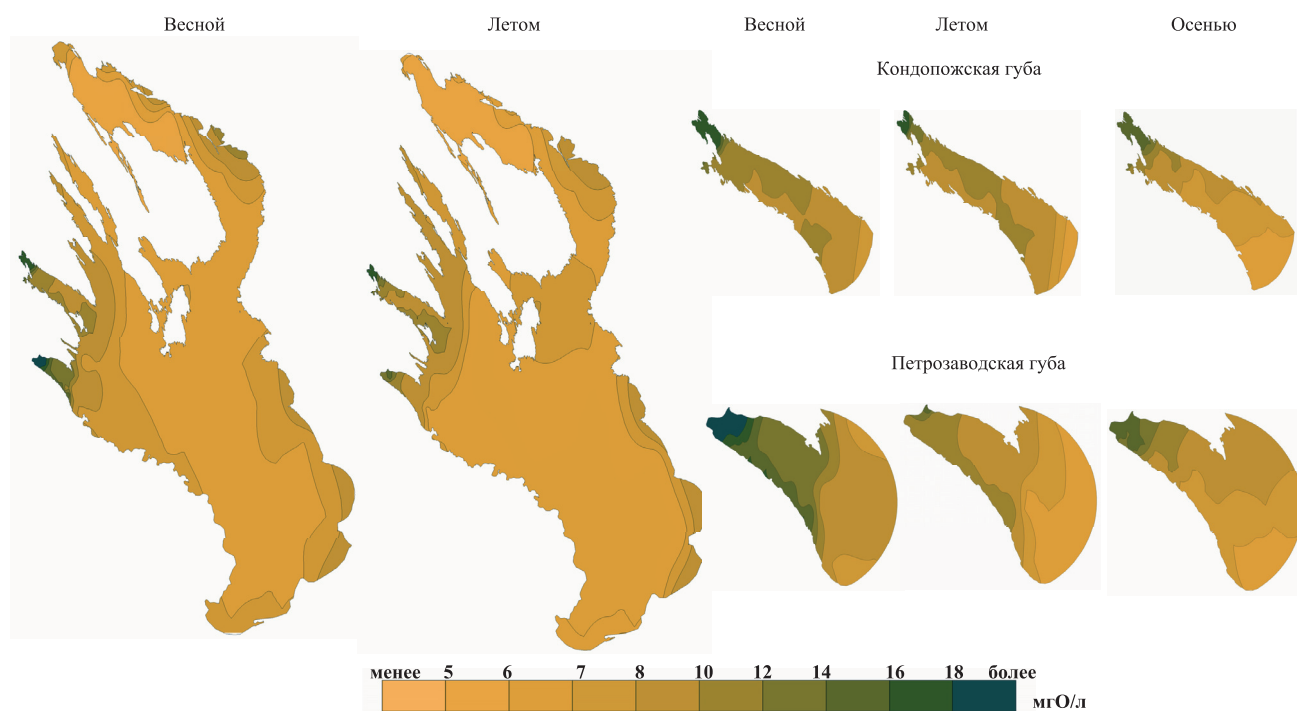
Распределение органического углерода в поверхностном слое воды



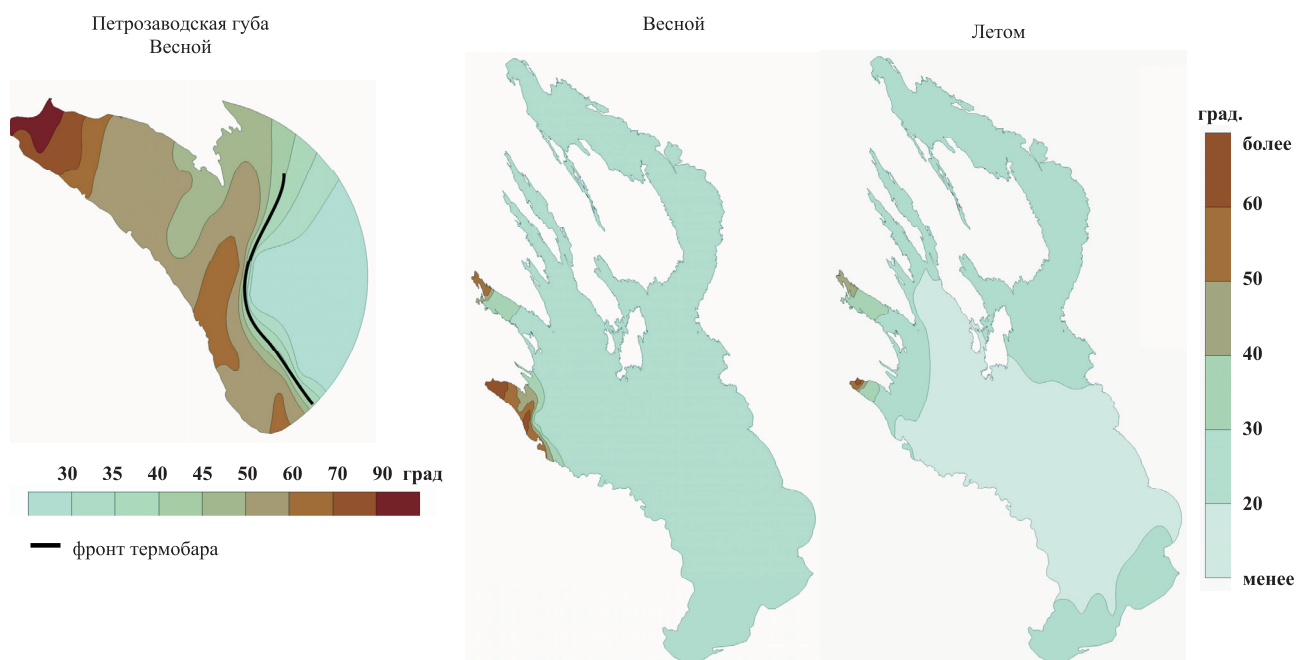
Распределение органического углерода в придонном слое воды

Авторы: А.В. Сабылина, Н.А. Кукконен, Н.Н. Мартынова, М.Б. Зобков

ПЕРМАНГАНАТНАЯ ОКИСЛЯЕМОСТЬ И ВЕЛИЧИНА ЦВЕТНОСТИ ВОДЫ



Распределение перманганатной окисляемости в поверхностном слое воды



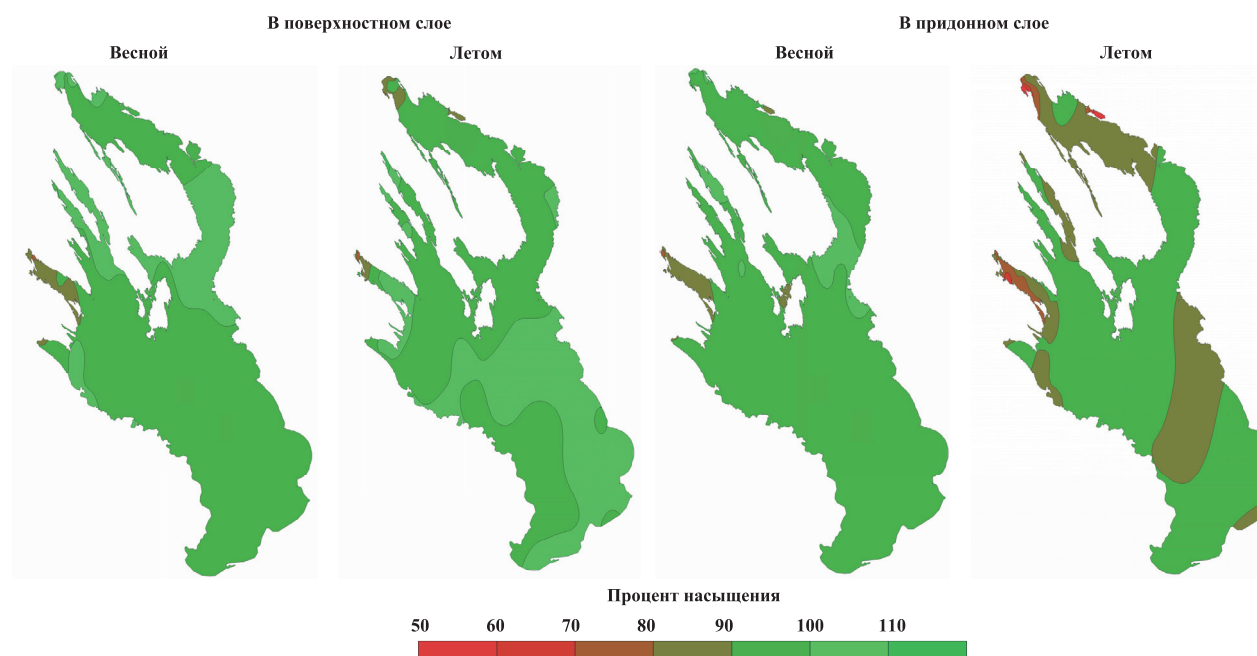
Распределение величин цветности в поверхностном слое воды

Схемы составлены по материалам наблюдений, выполненных за период с 1981 по 2006 г. Неравномерность распределения величин цветности и перманганатной окисляемости (ПО) в поверхностном слое воды связана с гидродинамическим режимом водоема и влиянием притоков. Наибольшие значения цветности и перманганатной окисляемости наблюдаются в Петрозаводской, Кондопожской и Челмужской губах, что обусловлено поступлением большого количества окрашенных органических веществ гумусовой природы со стоком рек, а в Кондопожскую губу – лигниновых веществ в составе сточных вод целлюлозно-бумажного комбината. Особенности гидродинамического режима Петрозаводской губы в летний период способствуют снижению значений цветности и ПО. Для основной водной массы озера характерны низкие величины цветности и ПО, составляющие 22 град. и 7 мг О/л соответственно.

Авторы: А.В. Сабылина, Н.А. Кукконен, М.Б. Зобков

КИСЛОРОД

Концентрация растворенного в воде кислорода в Онежском озере определяется в основном гидрологическими и термическими факторами: полное перемешивание водных масс весной и осенью, происходящее при низких температурах, и значительный объем гипolimниона в период стратификации обеспечивают высокое абсолютное и относительное (близкое к 95 % насыщению) содержание кислорода. В Кондопожской, Петрозаводской губах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию, в период зимней стагнации отмечается ухудшение кислородного режима. Относительное содержание кислорода в первой губе может составлять 50–70 %, во второй – 45–90 %. В вершинной части Кондопожской губы в летний период относительное содержание кислорода низкое и составляет по вертикали 60–80 %. В этой губе в летний период при штилевой погоде (1991 г., 2001 г.) в поверхностных слоях воды наблюдается пересыщение воды кислородом до 25 %, в глубинных – его дефицит до 40 %. В теплые зимы, когда Центральное Онего не замерзает, содержание кислорода в центральной части Петрозаводской губы близкое к 85 % насыщения.

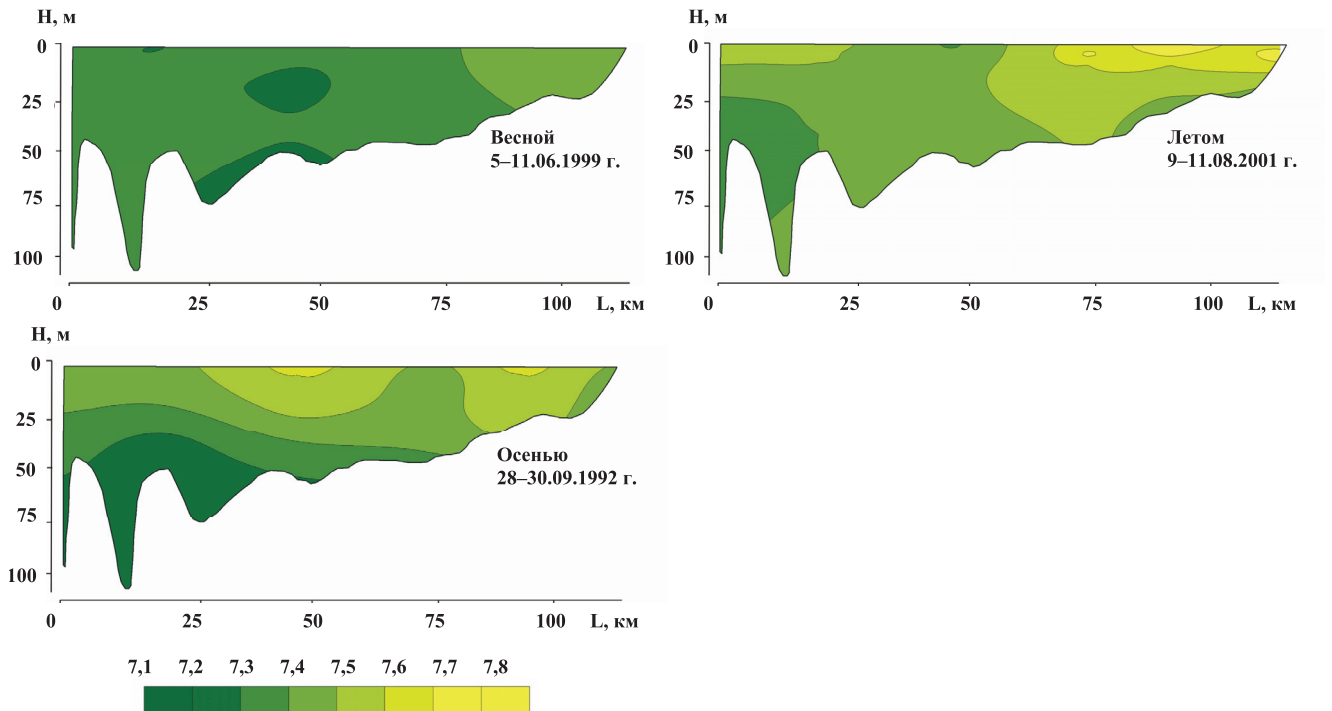


Концентрация растворенного кислорода

Авторы: А.В. Сабылина, Е.А. Селиванова, М.И. Басов, М.Б. Зобков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ pH ПО РАЗРЕЗУ А–А

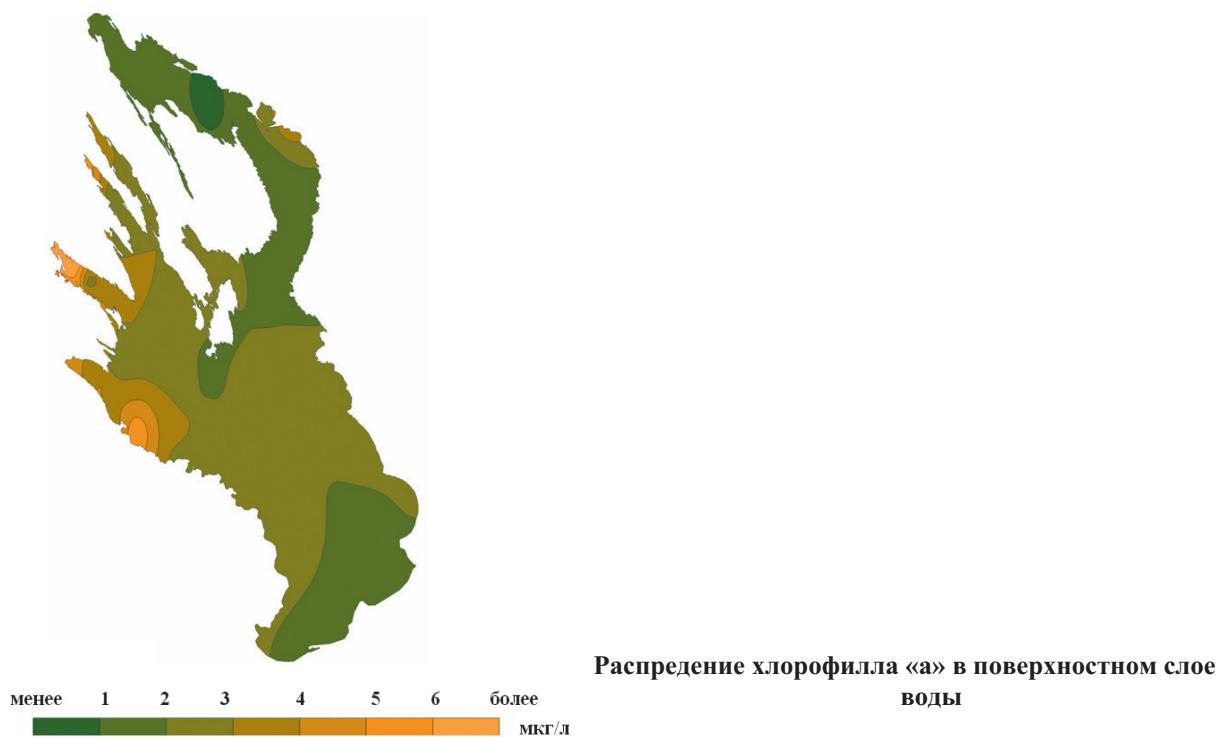
Величины pH воды в Онежском озере изменяются в пределах 6,4–8,1. Низкие значения pH приурочены к мелким гумифицированным губам и к вершинной части Петрозаводской губы. Для Центрального Онего характерны величины pH в пределах 7,2–7,8. Начиная с 1985 г. в связи с увеличением выноса общего фосфора со сточными водами в Кондопожскую губу, а следовательно, и с интенсификацией фотосинтетической деятельности фитопланктона значение pH в губе в отдельные теплые годы в летний период возросли до 7,6–8,1 против 6,8–7,2 до 1985 г.



Авторы: А.В. Сабылина, С.А. Поленова, М.Б. Зобков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА «а» В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ

Содержание хлорофилла «а» (Chl «а») в воде Онежского озера показано по результатам летних исследований 1992–2006 гг. Концентрация Chl «а» в озере изменяется в пределах 0,5–10 мкг/л, а в отдельные годы (1999, 2006 гг.), в периоды интенсивного развития планктона, может достигать 15–18 мкг/л. Максимальное содержание Chl «а» приурочено к районам впадения крупных притоков и поступления промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Средние концентрации Chl «а» в Кондопожской и Петрозаводской губах равны 5 мкг/л, что в 2 раза выше, чем в других районах озера.



Авторы: А.В. Сабылина, А.Л. Ипатов, Е.А. Селиванова, М.Б. Зобков

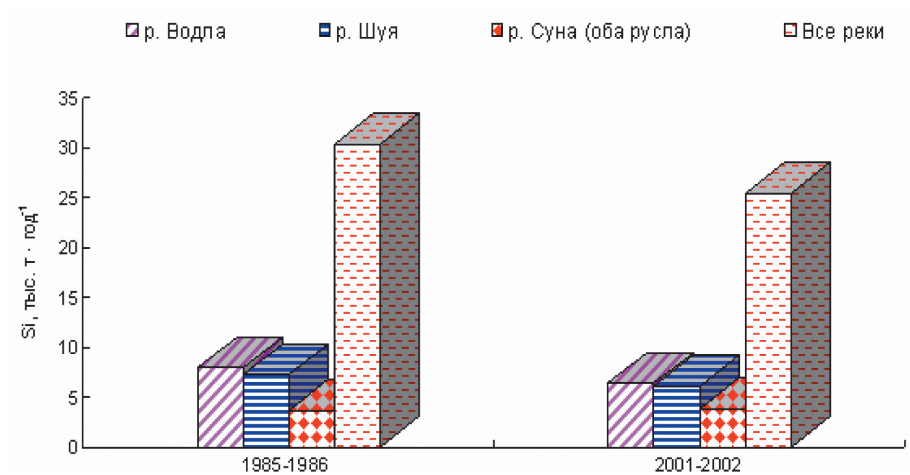
МИНЕРАЛЬНЫЙ РАСТВОРЕННЫЙ КРЕМНИЙ

Представленные карты, графики и другие сведения о содержании минерального растворенного кремния в Онежском озере приведены по результатам исследований 1980–2006 гг.

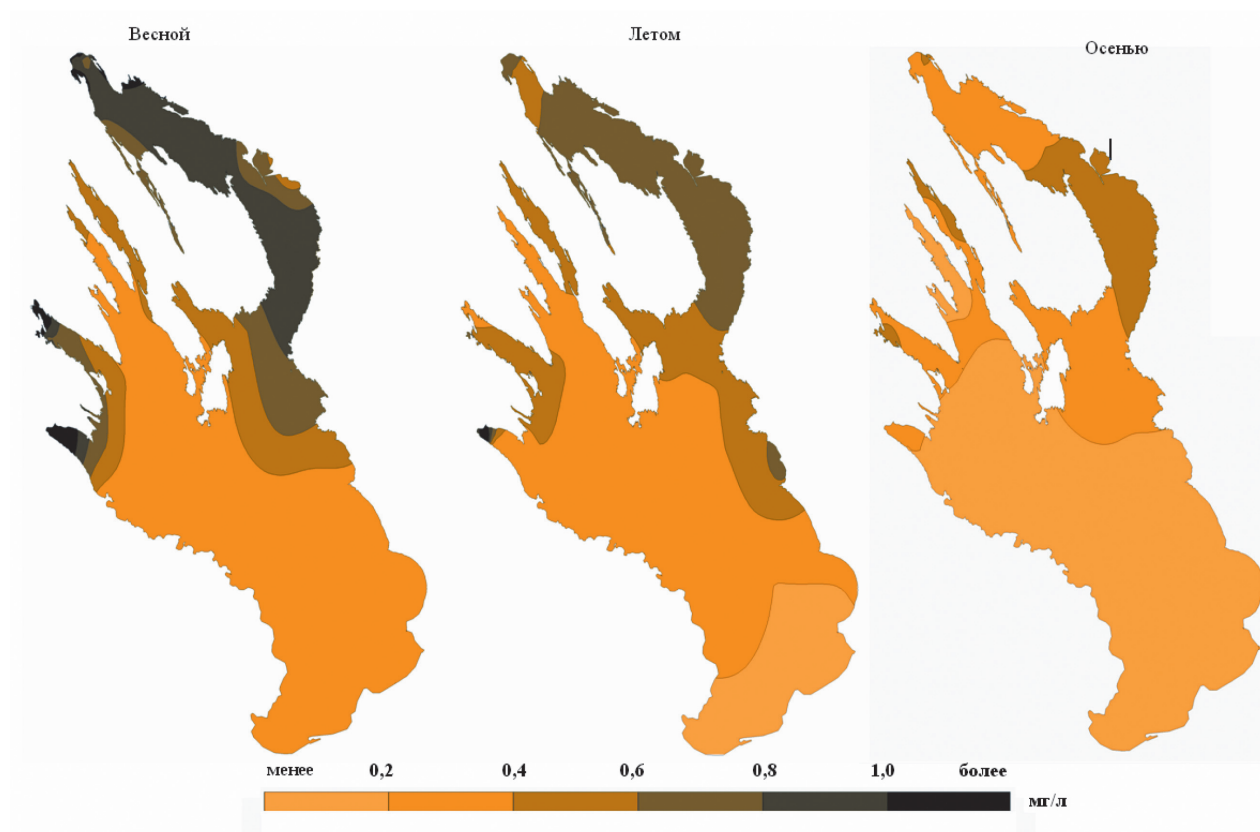
Главным источником поступления кремния в озеро является речной сток, дающий 96 % всей приходной части внешнего баланса. Наибольшее количество его вносится в озеро тремя главными притоками – реки Водла, Шуя, Суна (оба русла), с водами которых попадает около 65 % общего речного поступления растворенного кремния.

Неравномерность распределения минерального растворенного кремния в поверхностном слое воды озера обусловлена гидродинамическим режимом водоема и местонахождением источников его поступления, повышенные концентрации кремния приурочены к районам впадения крупных притоков, а также к Повенецкому заливу.

За период с 2000 по 2005 г. средняя концентрация растворенного кремния в начале вегетационного периода в воде озера составляла 0,4 мг/л, что в 1,8 раза меньше значений 1980–1985 гг., в то же время количество растворенного кремния, вносимого с водосбора притоками в озеро, мало изменилось. Снижение концентрации кремния в водоеме связано с увеличением интенсивности фотосинтетических процессов и может рассматриваться как один из признаков начала процесса эвтрофирования озера.



Поступление растворенного кремния с речным стоком



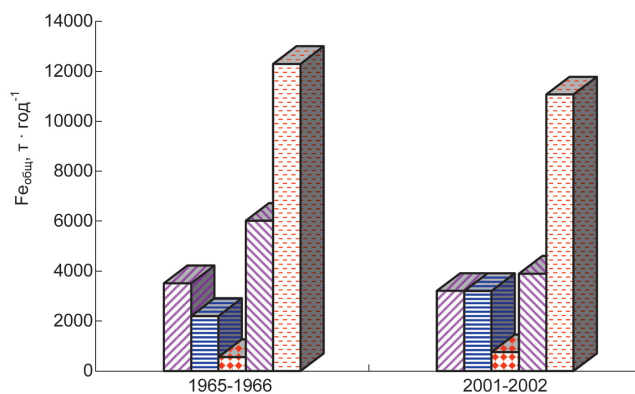
Распределение кремния в поверхностном слое воды

Авторы: А.В. Сабылина, С.А. Поленова, Н.А. Ефременко, В.И. Рябченко, М.Б. Зобков

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

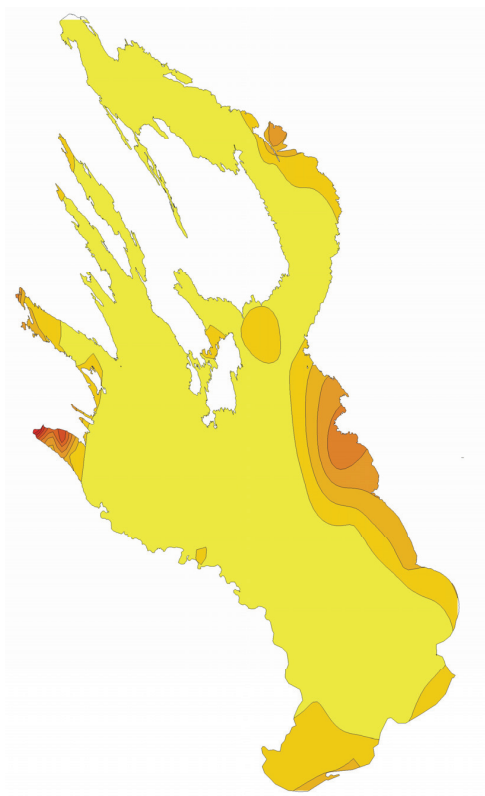
Карты, схемы по распределению железа в Онежском озере составлены по материалам исследований 1965–2005 гг., а марганца, алюминия, цинка и меди – 2001–2002 гг. Главной составляющей приходной части баланса общего железа, марганца и алюминия является вынос их со стоком рек, дающий в среднем 95 % общего их поступления. Наибольшее количество железа, марганца и алюминия приносят главные притоки озера – реки Водла, Шуя, Суна, с водами которых поступает около 65, 70 и 50 % общего поступления этих металлов в озеро.

■ р. Водла ■ р. Шуя ■ р. Суна (оба русла) ■ Остальные реки ■ Все реки

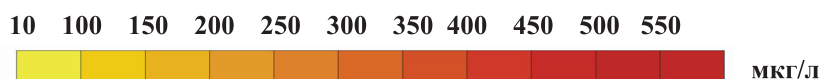
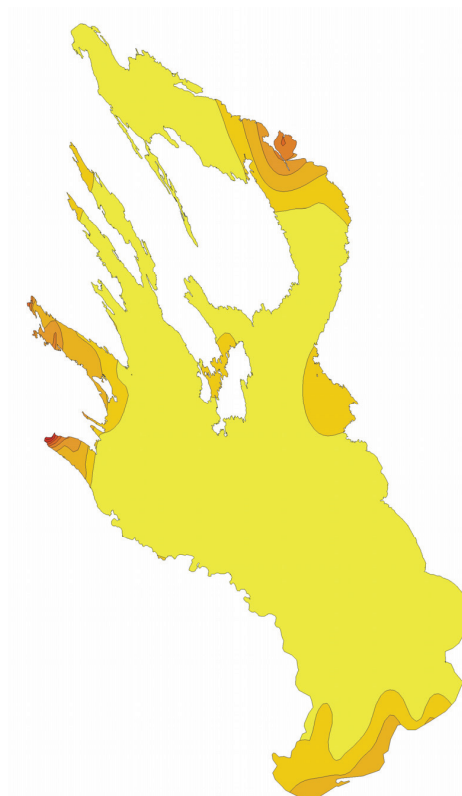


Поступление железа общего в озеро с речным стоком

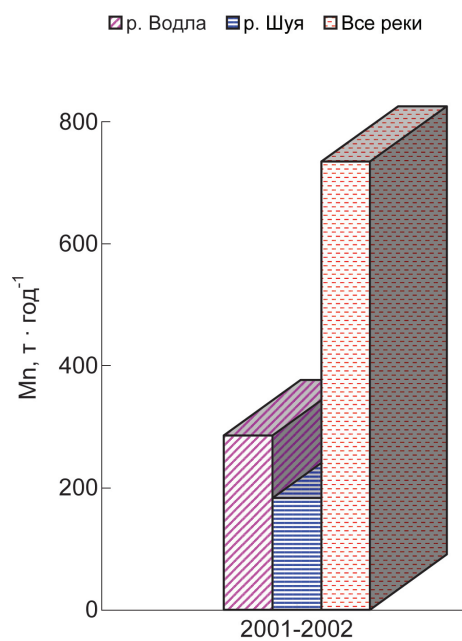
В поверхностном слое воды



В придонном слое воды



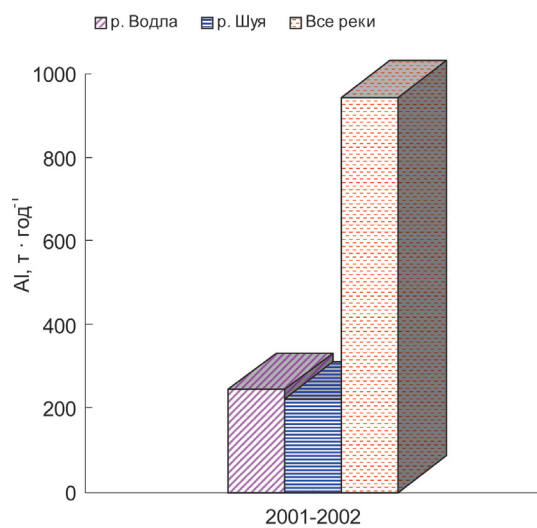
Распределение железа общего в водной массе



**Поступление марганца в озеро
с речным стоком**



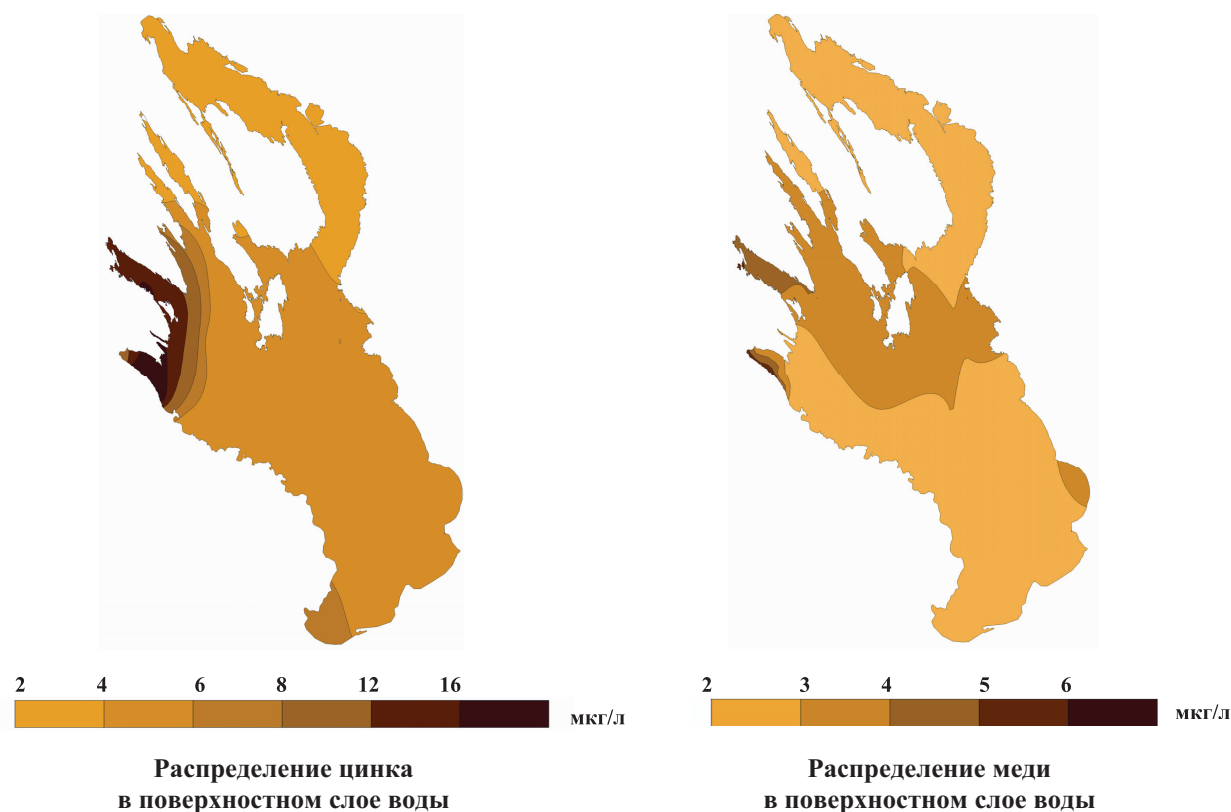
**Распределение марганца
в поверхностном слое воды**



**Поступление алюминия в озеро
с речным стоком**



**Распределение алюминия
в поверхностном слое воды**



Концентрация микроэлементов и их распределение в Онежском озере определяется не только местонахождением источников их поступления, но и особенностями гидродинамического режима этого водоема. Повышенное содержание микроэлементов приурочено к районам впадения крупных притоков и к выпускам промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. К центру озера концентрации металлов становятся существенно ниже, чем в прибрежных зонах. Содержание общего железа в придонном слое воды на 10–40 мкг/л выше, чем в поверхностном.

Авторы: А.В. Сабылина, Н.А. Ефременко, С.А. Поленова, А.В. Платонов, В.И. Рябченко, М.Б. Зобков

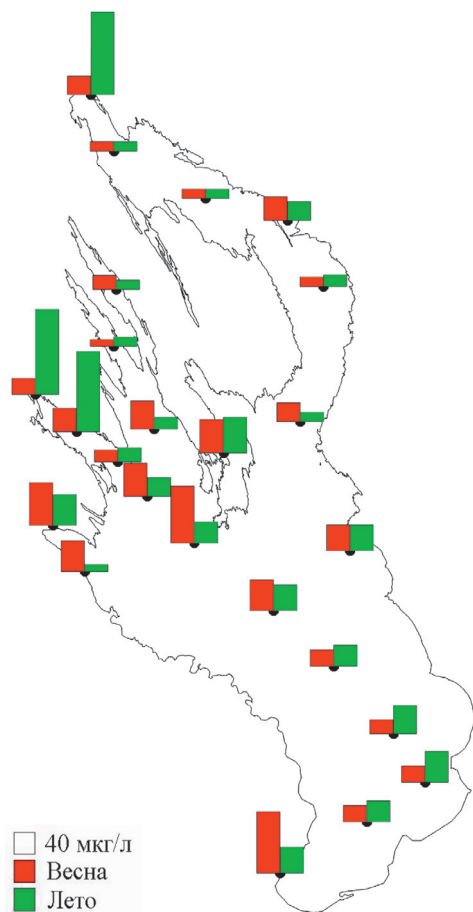
ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Содержание нефтяных углеводородов (НУВ) в Онежском озере показано по результатам исследований, проведенных в 1992–2005 гг., а лигносульфонатов (ЛСФ) – по материалам работ, выполненных в 1997–1999 гг.

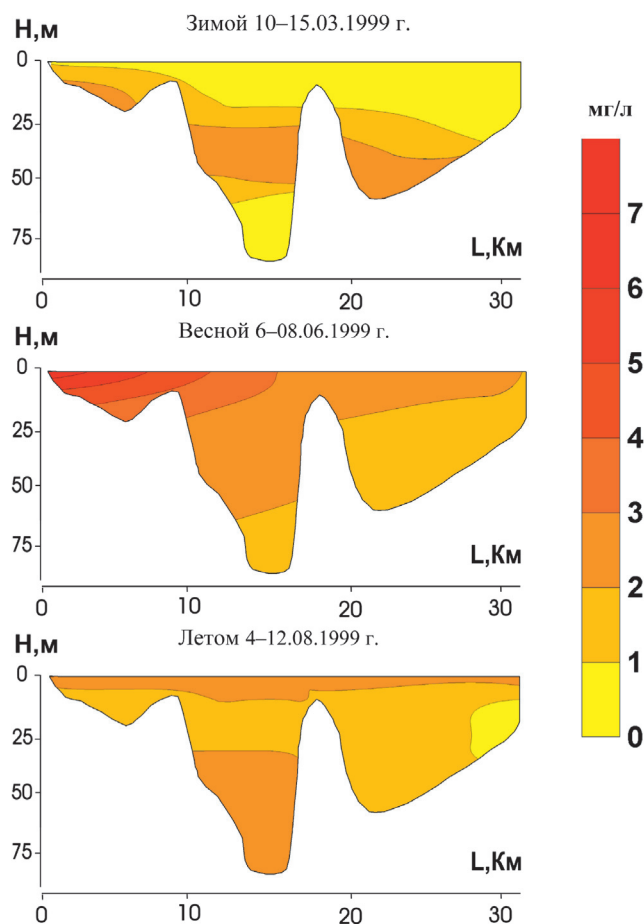
НУВ относятся к приоритетным видам загрязняющих веществ в Онежском озере. Они поступают в водоем от водного и наземного транспорта, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, с речным стоком и из атмосферы. От нефтяных баз, расположенных на побережье озера, поступают мазут, дизельное топливо и бензин. Следует также учитывать и относительно высокую транспортную нагрузку на Онежское озеро.

В поверхностном слое воды озера максимальные концентрации НУВ приурочены в основном к весеннему периоду, что связано с увеличением их выноса притоками, ливневыми и городскими стоками и с интенсификацией судоходства. Повышение содержания НУВ в летний период в Петрозаводской и Свирской губах и Кижских шхерах обусловлено высокой насыщенностью водного транспорта.

Представленное на разрезах распределение содержания ЛСФ в Кондопожской губе указывает на высокие их концентрации в месте выпуска сточных вод. В распределении ЛСФ в зимний период отчетливо выражен «факел» распространения сточных вод в губе. ЛСФ поступают в Кондопожский залив со сточными водами целлюлозно-бумажного предприятия с сульфитной варкой целлюлозы.



Сезонные изменения концентраций нефтяных углеводородов в поверхностном слое воды



Распределение лигносульфонатов по продольному разрезу в Кондопожской губе

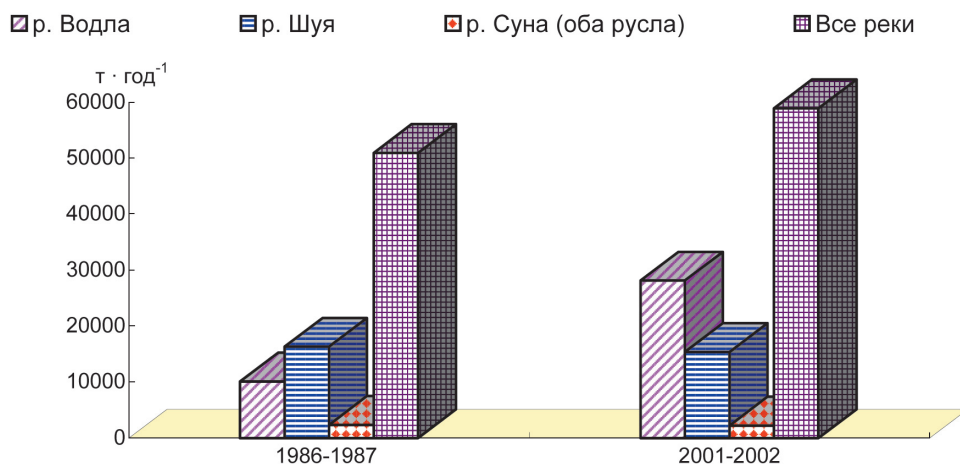
Авторы: А.В. Сабылина, С.В. Басова, Е.А. Селиванова, Н.А. Кулконен, М.Б. Зобков

ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

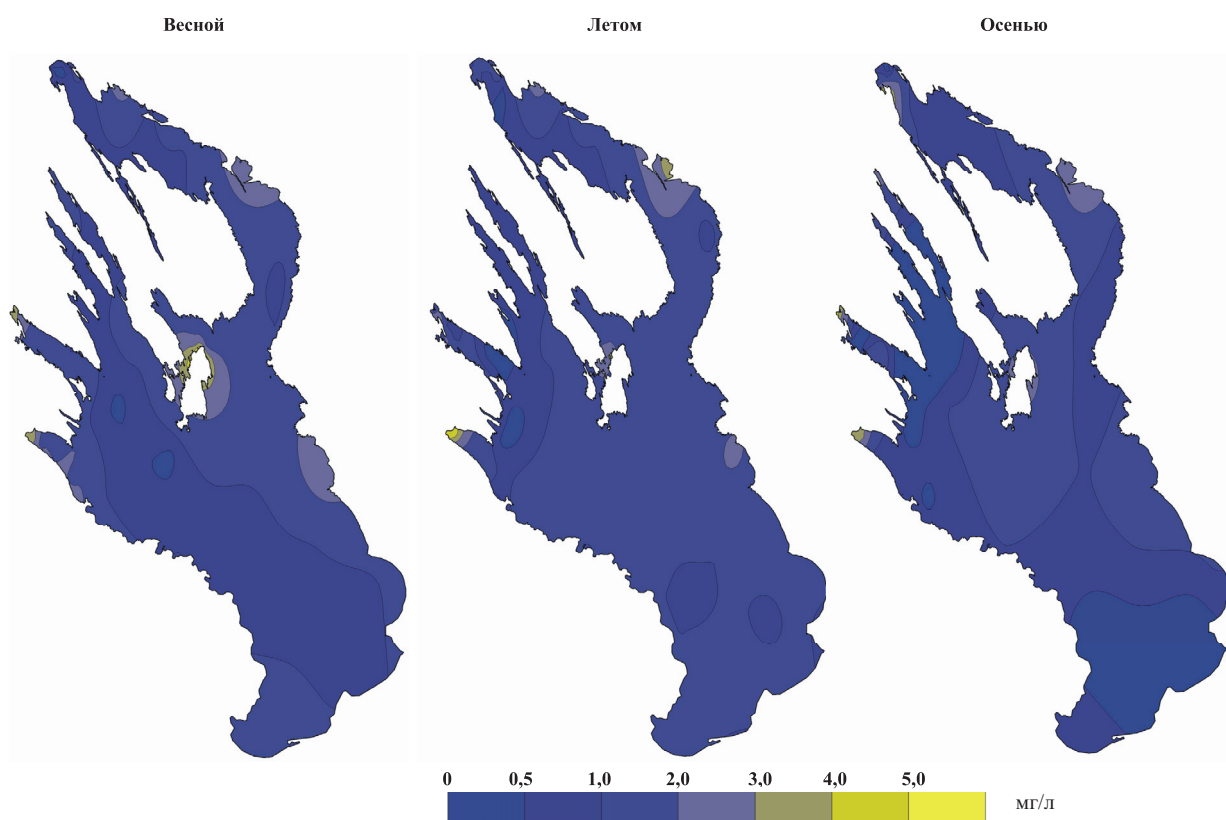
Представленные карты, графики и другие сведения о содержании взвешенных веществ в Онежском озере приведены по материалам исследований 1986–2005 гг.

Основная роль в поступлении взвешенных веществ в озеро принадлежит речному стоку. Наибольшее их количество приносят главные притоки озера – реки Водла, Шуя, Суна, с водами которых попадает в среднем до 67 % общего речного поступления взвешенных веществ. Суммарное поступление этих веществ в водоем, включающее вынос со стоком рек, выпадение с атмосферными осадками на зеркало озера и сброс со сточными водами промцентров, в среднем за период с 1986 по 2002 г. составило 55 тыс. т в год.

Неравномерность распределения взвешенных веществ в поверхностном слое воды озера обусловлена местонахождением источников их поступления и гидродинамическим режимом водоема. Наибольшие концентрации взвешенных веществ приурочены к районам впадения крупных рек, а также к губам, подверженным загрязнению промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами (Петрозаводская и Кондопожская губы и вершинный район Большой губы Повенецкого залива). Глубоководные районы озера (Центральное Онего, Малое Онего, центральная часть Повенецкого залива) характеризуются низкими концентрациями взвешенных веществ. Образование взвесей в этих районах озера происходит главным образом за счет продуктов жизнедеятельности фито- и зоопланктона. В период их максимального развития летом доля органической взвеси достигает 95 %.



Поступление взвешенных веществ с речным стоком



Распределение взвешенных веществ в поверхностном слое воды

Авторы: А.В. Сабылина, С.А. Поленова, А.Л. Ипатов, М.Б. Зобков

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

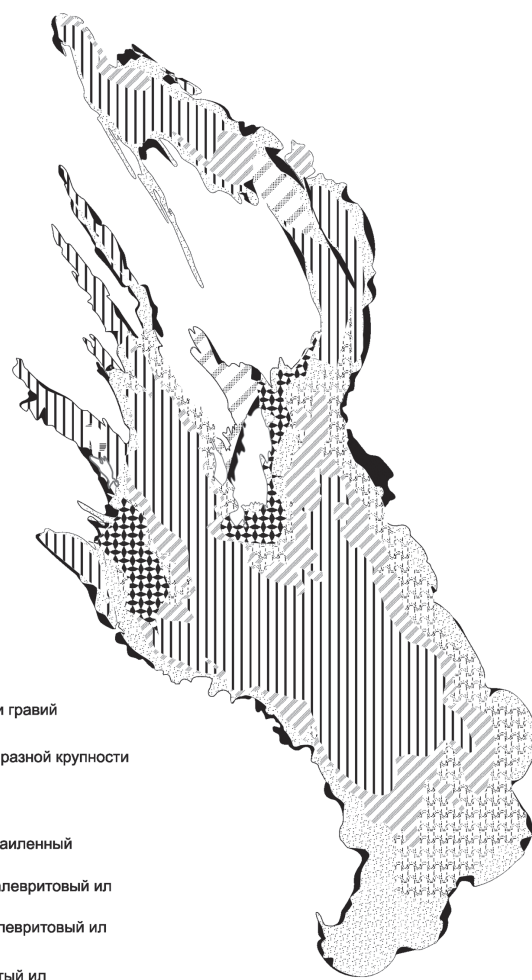
Донные отложения Онежского озера представлены озерно-ледниковыми ленточными глинами позднеледникового и озерными гомогенными алевритами и илами голоцена. Ленточные глины мощностью до 8 м залегают на морене последнего поздневалдайского оледенения на большей части дна котловины озера, а также в пределах прилегающих низменностей до абсолютных высот 80–90 м. Мощность годовичных слойков изменяется от первых санти-

метров в основании толщи до первых миллиметров в ее кровле. В ленточных глинах выделяются слои, относимые к беллингу, среднему дриасу, аллереду и молодому дриасу, формировавшиеся в интервале 12 200–10 700 (по C^{14}) лет назад. В начале молодого дриаса, после отступления края ледника из водосборного бассейна Онежского озера, началось отложение гомогенных алевроитов, а во время атлантического периода – климатического оптимума голоцена около 7–6 тысяч лет назад – началось осаждение илов. Глинистые фракции донных отложений представлены кварцем, полевыми шпатами, амфиболами, слюдами и хлоритами. Реже встречается кальцит, шунгит, следы каолинита, талька.

Современные донные отложения Онежского озера формируются в результате взаимодействия многообразия процессов, происходящих в осадках, в водной среде и на водосборе под влиянием климатических и антропогенных факторов. Площадное распределение различных типов донных отложений по дну озерной котловины носит пестрый характер. Пески расположены по всей береговой линии, наибольшее распространение имеют в центральной и южной частях озера. Валунно-галечные отложения наиболее развиты в северной части озера. Обширная глубоководная область центральных районов озера и северо-западных заливов (49 % от площади дна озера) покрыта тонкими глинистыми илами, в которых содержание пелитовой фракции составляет более 70 %. На отдельных участках имеются выходы глин (Петрозаводское Онего, Большое Онего), подстилающих современные осадки. В Лижемской, Уницкой, Великой, Челмужской губах и Заонежском заливе широко распространены тонкодиспергированные осадки. В Кондопожской и Петрозаводской губах встречаются донные отложения техногенного происхождения. По своей окраске пески – преимущественно желтые, охристо-коричневые и бурые; илы – желто-коричневые, коричневые, зеленовато-бурые, серые и бурые; глины – в основном светлых тонов серого или коричневого цвета, встречаются розовые и почти черные.

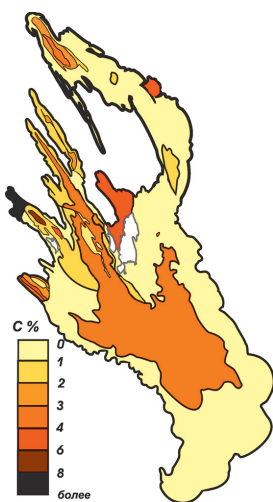
В осадках Онежского озера встречаются гранулометрические структуры, которые характеризуются одновершинными (Южное Онего), двухвершинными (Центральное и Большое Онего) и многовершинными (Повенецкий залив и Петрозаводское Онего) профилями.

В распределении компонентов химического состава современных осадков разного типа наблюдается тесная связь с гранулометрическим составом донных отложений, что характерно для больших водоемов. Средние значения содержания элементов, как правило, возрастают от грубозернистых осадков к тонким, в содержании валового кремния наблюдается обратная зависимость. Высокие концентрации железа и марганца в донных отложениях отражают особенности местной геохимической провинции.

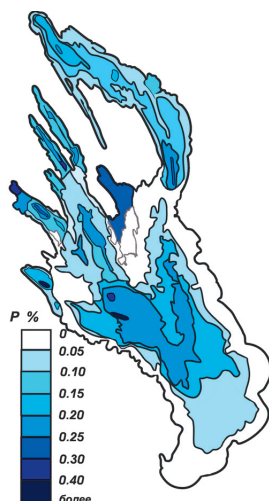


Распределение донных отложений
(по Н.И. Семеновичу, 1973)

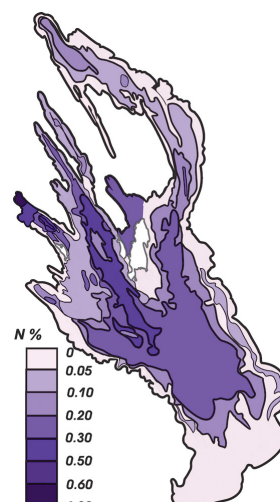
Авторы: Н.А. Белкина (ИВПС), И.Н. Демидов, Н.Б. Лаврова (ИГ КарНЦ РАН)



Органический углерод

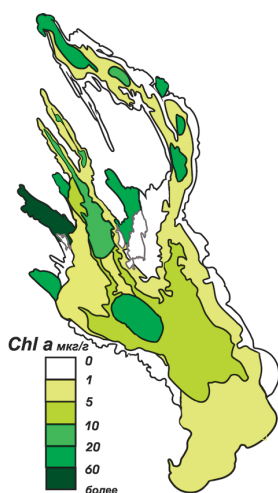


Фосфор общий



Азот органический

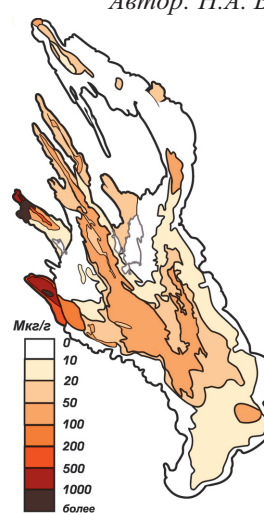
Автор: Н.А. Белкина



Хлорофилл

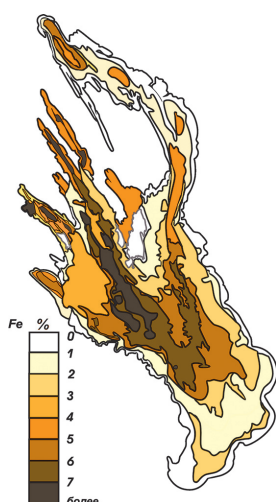


Феофитин

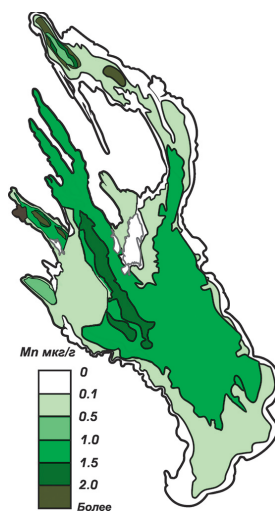


Нефтяные углеводороды

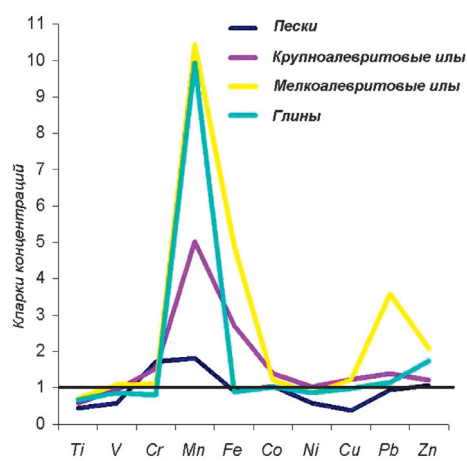
Авторы: Н.А. Белкина, С.В. Басова



Железо



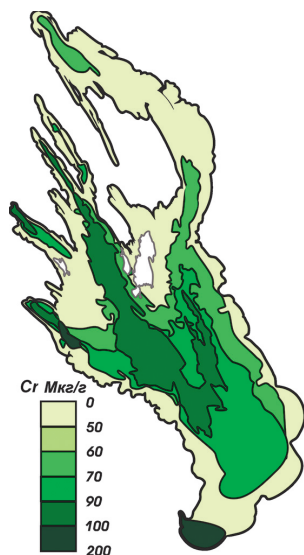
Марганец



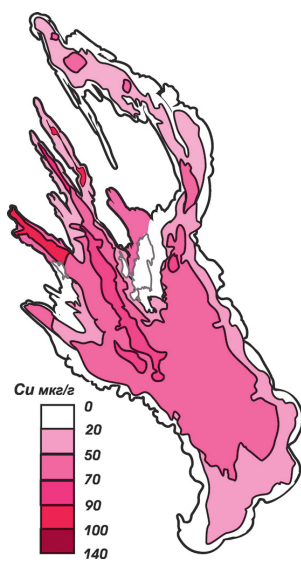
Характеристика осадков различного гранулометрического состава. Открытая часть озера в сравнении с кларками этих элементов в осадочных породах земли

Автор: Н.А. Белкина

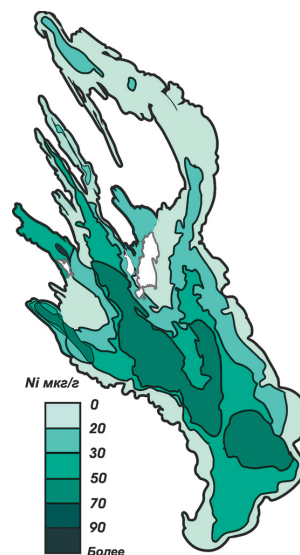
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ



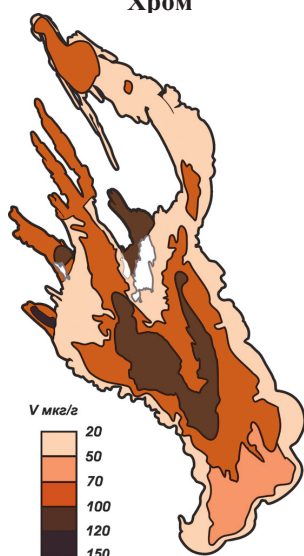
Хром



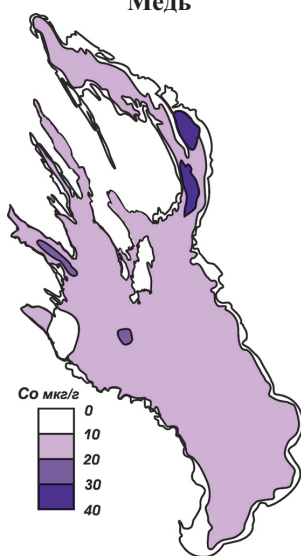
Медь



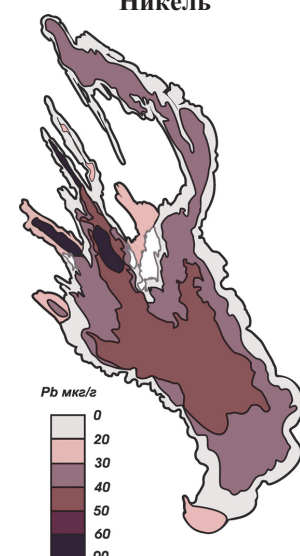
Никель



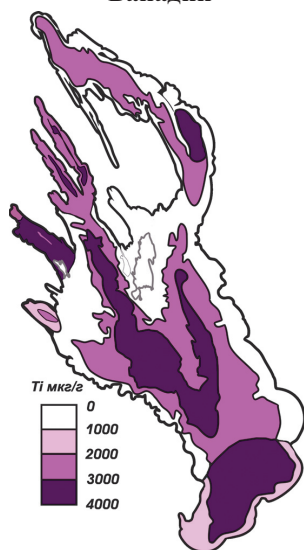
Ванадий



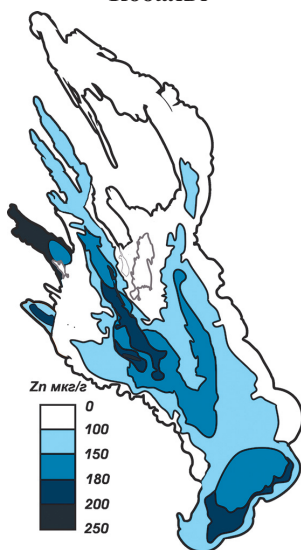
Кобальт



Свинец



Титан

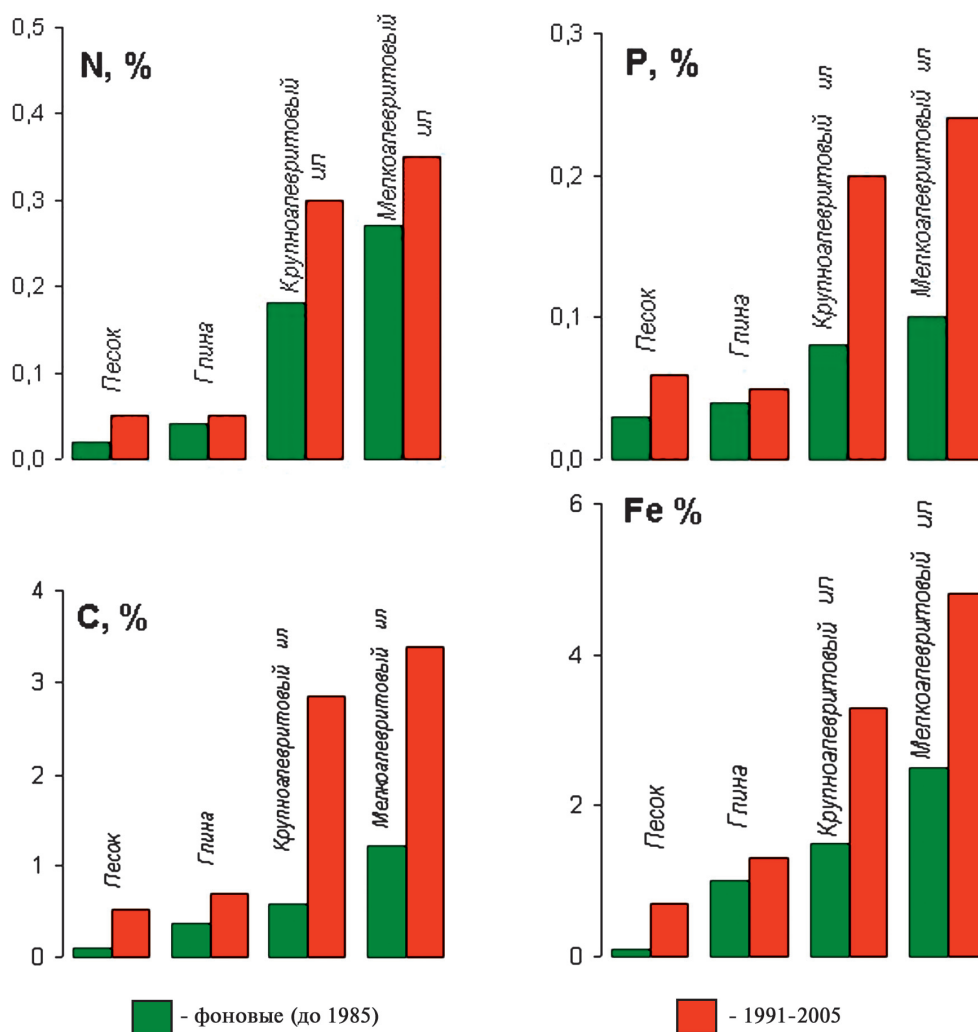


Цинк

Автор: Н.А. Белкина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА

В донных отложениях Онежского озера сохраняется тенденция роста концентраций органических веществ, азота, фосфора и Fe, впервые отмеченная в начале 80-х годов Е.П. Васильевой. Распределение растительных пигментов в донных осадках соответствует распределению зон эвтрофирования. Антропогенные взвеси являются причиной нарушения закономерностей пространственного распределения осадков и изменения качественного и количественного состава донных отложений. Наиболее существенные изменения в химическом составе донных отложений произошли в крупных северо-западных заливах (Кондопожская, Петрозаводская губы). Донные отложения здесь отличаются большим содержанием органических веществ с высоким отношением $C : N$ (16–44) и $C : P$ (80–400) и максимальным потреблением кислорода (до $4 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сутки}^{-1}$), а также гуминовых и фульвовых кислот (до 20 % от ОВ), фенолов (до $60 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1} \text{ в.с.н.}$), растительных пигментов (до $500 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1} \text{ в.с.н.}$). Загрязнение нефтяными углеводородами этих районов носит локальный характер и может быть как эпизодическим, так и долговременным. Изучение качественного состава нефтяных углеводородов показало, что в донных отложениях городского побережья захораниваются тяжелые углеводороды мазутной фракции, в то время как в центральном районе озера они отсутствуют. Следствием антропогенной нагрузки на отдельные заливы озера является сокращение мощности окисленного слоя, снижение Eh в среднем на 200 мВ, накопление фосфора и азота аммонийного, а также увеличение скорости поступления минеральных веществ из донных отложений в воду в 2–100 раз по сравнению с центральными районами озера.



Авторы: Е.П. Васильева, Н.А. Белкина

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАСЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Водоемы бассейна Онежского озера отличаются высокой вариабельностью химического состава, что связано с особенностями геологического строения данной территории. Для их классификации использованы основные показатели, отражающие специфику вод гумидной зоны: содержание органического вещества (ОВ) гумусовой природы (по цветности (ЦВ), перманганатной окисляемости (ПО) и концентрации железа), минеральных веществ (по щелочности и pH) и концентрация общего фосфора (по трофности).

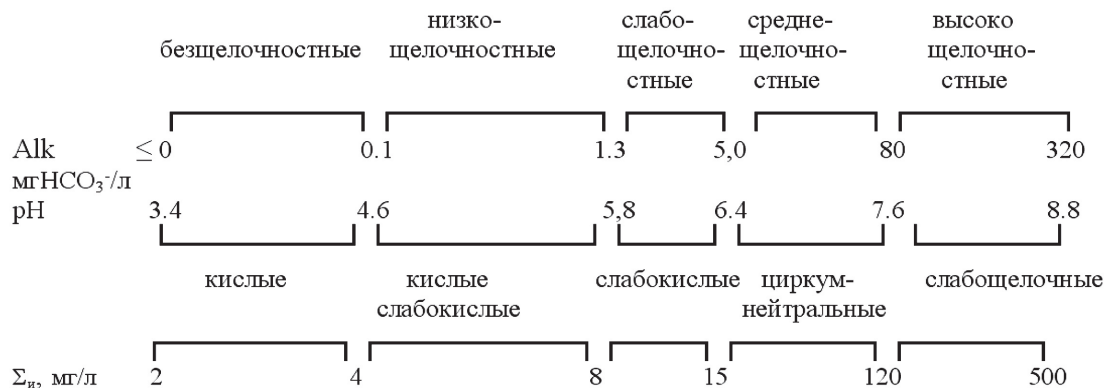
В соответствии с разработанной в ИВПС КарНЦ РАН классификацией водоемов Карелии установлен ряд гумусности вод ($\text{Hum} = \sqrt{\text{ЦВ} \cdot \text{ПО}}$) в сопоставлении со шкалой содержания ОВ:



Вторым фактором является содержание железа, которое распределяется по классам гумусности следующим образом:



При классификации по щелочности выделены следующие типы вод:



При классификации вод по трофности (содержанию Р_{общ}) использованы те же коэффициенты, что и для классов гумусности, а в качестве точки отсчета принята концентрация перехода от олиго- к мезотрофным водоемам (10 мкг/л), которая является общепризнанной в лимнологии:

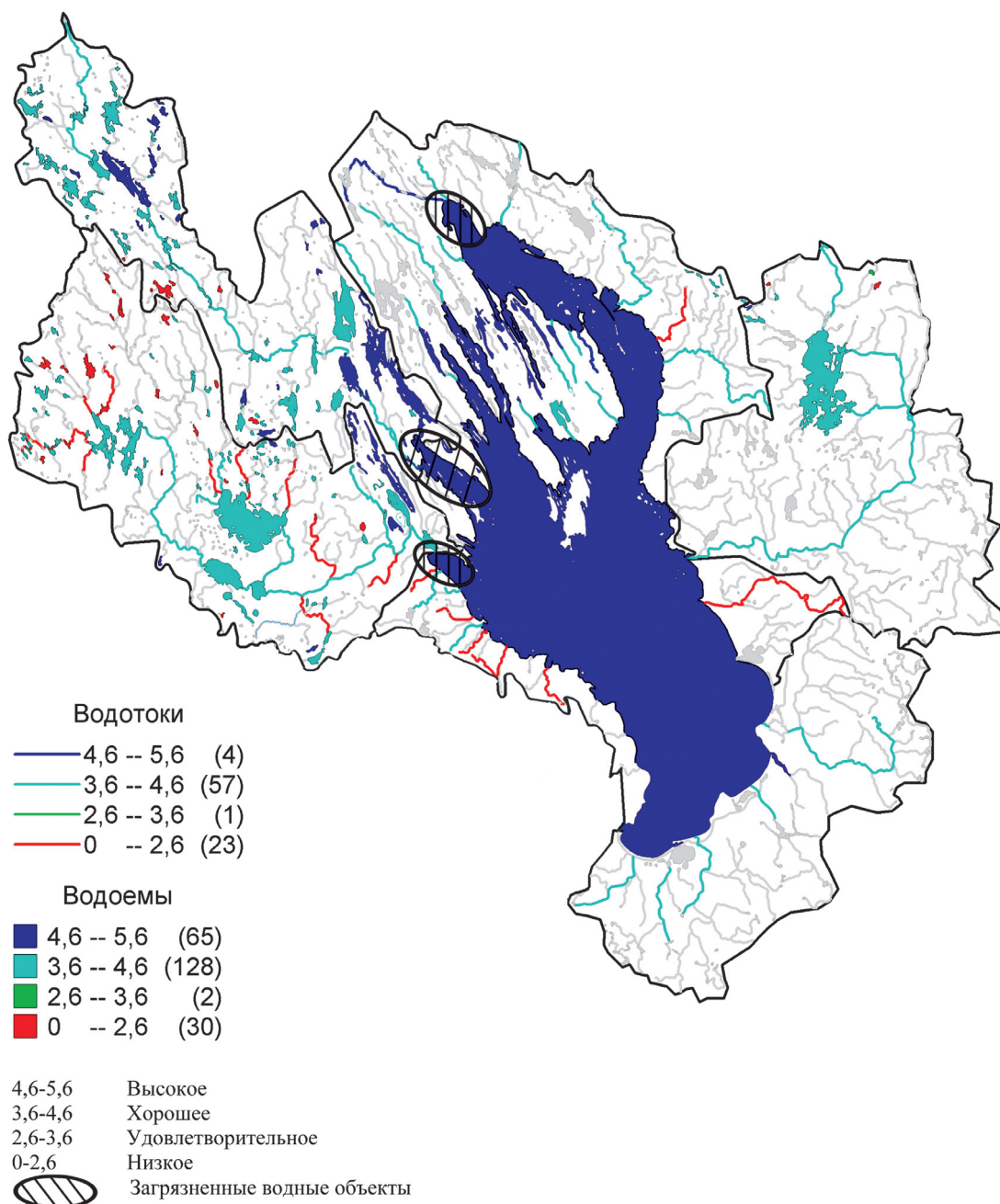


Для классификации использованы данные по химическому составу воды более чем 300 водных объектов бассейна Онежского озера, полученные в 1980–2000 гг. на единой методической основе.

Авторы: П.А. Лозовик, М.Б. Зобков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАСЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ПРИРОДНОМУ КАЧЕСТВУ ВОД

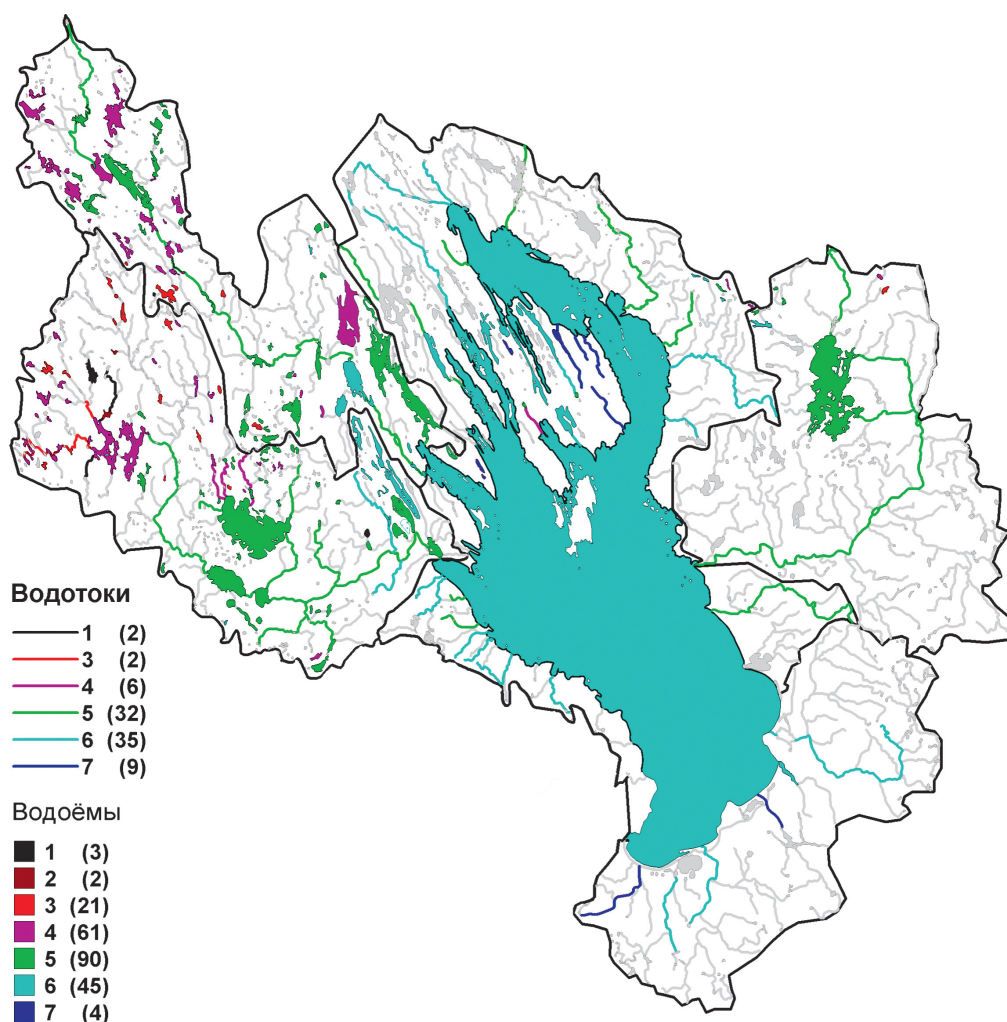
По совокупности показателей (гумусности, щелочности и трофности) определено качество поверхностных вод бассейна Онежского озера. Большинство объектов (60 %) соответствуют хорошему качеству, и их воды пригодны для многих видов водопользования. К водным объектам с высокими показателями качества (21 %) относятся прежде всего Онежское озеро, а также нижнесунские, кончезерские и многие озера Заонежского полуострова. Около 14 % водотоков и озер имеют удовлетворительное качество воды. В бассейне озера встречаются водные объекты с весьма низкими показателями качества (5 %). Это прежде всего высокогумусные кислые водотоки и высокоэвтрофные водные объекты. Объекты, которые испытывают непосредственное влияние сточных вод, как, например, Кондопожская губа, отнесены к группе загрязненных водных объектов.



Авторы: П.А. Лозовик, М.Б. Зобков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ЩЕЛОЧНОСТИ

По щелочности и величине рН большинство водных объектов бассейна Онежского озера относятся к среднещелочным циркумнейтральным (65 %), как и воды Онежского озера. Высока доля слабощелочных слабокислых вод (21 %). В этом бассейне имеются водные объекты с очень низкой минерализацией ($\Sigma_{и} < 10$ мг/л), классифицируемые как низкощелочностные и бесщелочностные кислые (10 %). В основном они расположены в верхней части бассейнов рек Шуи и Суны и приурочены или к сильно заболоченным водосборам, или к водоразделу рек. В первом случае их воды высокогумусные, и обусловлено это поступлением гумусовых кислот с водосборной территории. Во втором – они низкогумусные, и небольшая их щелочность связана с выпадением кислых атмосферных осадков на водосборной территории. Эти же объекты имеют очень маленький удельный водосбор (менее 3). Высокощелочностные водные объекты с повышенной минерализацией ($\Sigma_{и} > 80$ мг/л) – достаточно редкое явление для Карелии, и встречаются они только в бассейне Онежского озера. К ним относятся ряд южных притоков, несколько озер в нижних участках бассейнов рек Шуи и Суны, а также на Заонежском полуострове.

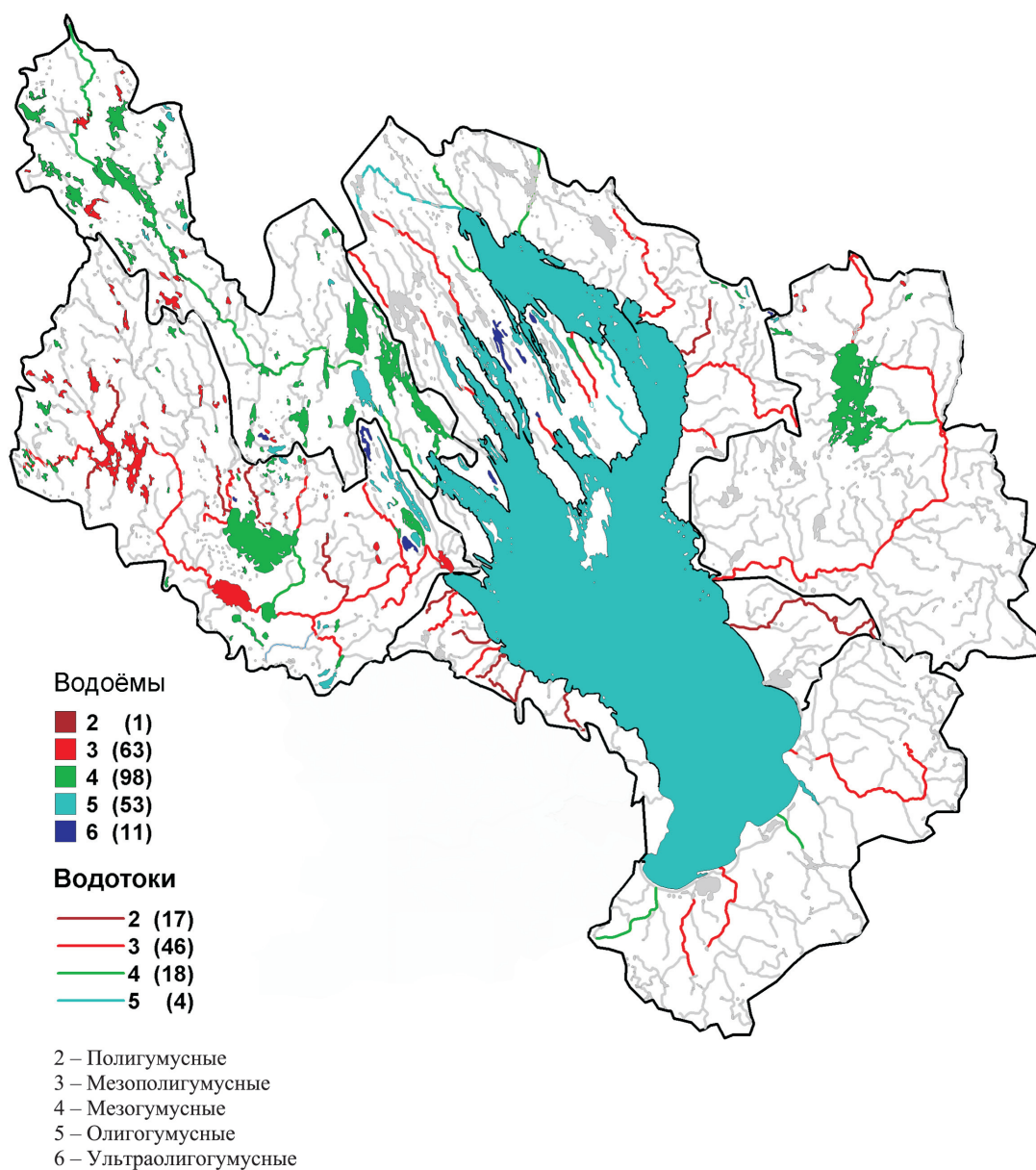


- 1 – Безщелочностные кислые
- 2 – Низкощелочностные кислые
- 3 – Слабощелочностные кислые слабокислые
- 4 – Слабощелочностные слабокислые
- 5 – Среднещелочностные слабокислые нейтральные
- 6 – Среднещелочностные нейтральные слабощелочные
- 7 – Высокощелочностные слабощелочные

Авторы: П.А. Лозовик, М.Б. Зобков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАСЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ГУМУСНОСТИ

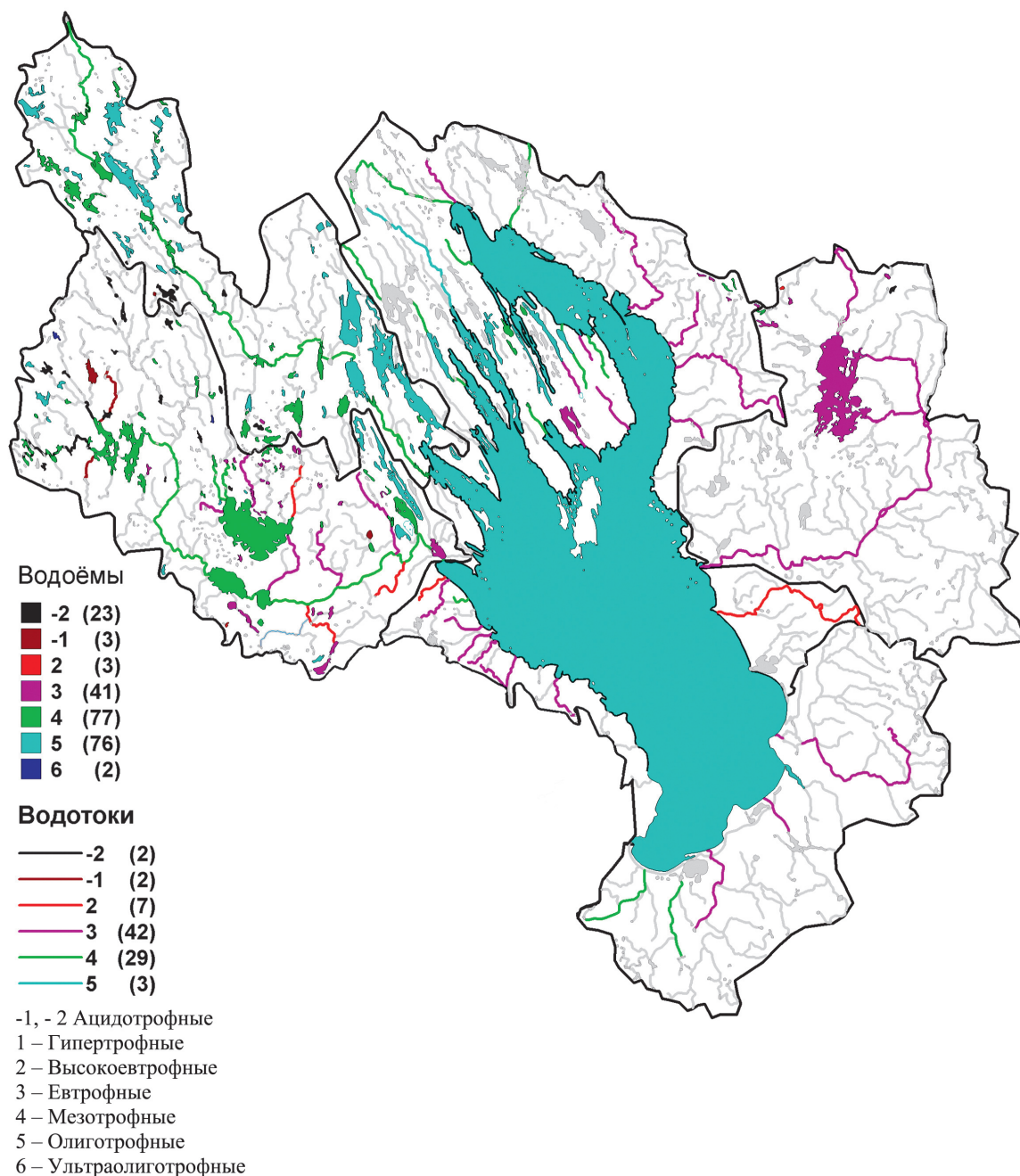
Большинство водных объектов бассейна Онежского озера соответствуют мезогумусному (37 %) и мезополигумусному (35 %) классам вод. Количество светловодных объектов (олигогумусных) составляет 18 % от числа обследованных, а ультраолигогумусных (бесцветных) еще меньше – всего 5 %. Также немного полигумусных объектов (6 %), относящихся к сильно заболоченным территориям. К высокогумусным (поли- и мезополигумусным) объектам относятся большая часть водоемов и водотоков бассейнов рек Шуи и Водлы, а также многие притоки Онежского озера. Поверхностные воды бассейна р. Суны в основном тяготеют к мезогумусному классу вод. Олигогумусные водоемы большей частью распространены на Заонежском полуострове. К этому же классу относятся и собственно воды Онежского озера, за исключением Петрозаводской губы и ряда мелких губ, испытывающих влияние высокогумусных притоков.



Авторы: П.А. Лозовик, М.Б. Зобков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАСЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО УРОВНЮ ТРОФИИ

По уровню трофии (содержанию $P_{общ}$) водные объекты бассейна Онежского озера распределяются в равных долях между олиго- (25 %), мезо- (34 %) и эвтрофными (27 %) типами вод, что в целом характерно для всей территории Карелии. Олиготрофные объекты больше распространены в бассейне р. Суны, в низовье р. Шуи (Кончезерская группа озер) и в Заонежье. К эвтрофным относится большая часть малых притоков Онежского озера и мелководные озера. Водные объекты с высокой сельскохозяйственной освоенностью водосбора или испытывающие влияние сточных вод соответствуют высокоэвтрофному типу. Водоемы и водотоки с кислой реакцией среды отнесены к ацидотрофным, доля которых в бассейне озера достигает 10 % от числа обследованных.



Авторы: П.А. Лозовик, М.Б. Зобков

ГИДРОБИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Природные особенности Онежского озера – большой объем водных масс, холодноводность, невысокое содержание биогенных элементов – обуславливают его низкую биопродуктивность. Литоральная зона Онежского озера с глубинами до 5 м выражена очень слабо и составляет менее 10 % от площади зеркала озера. Большое значение для формирования облика биоты имеет антропогенный фактор, действие которого приурочено к таким крупным заливам, как Петрозаводская, Кондопожская губы, Большая губа Повенецкого залива. Действие природных и антропогенных факторов определяет разнообразие сообществ водных организмов в различных районах Онежского озера.

Обширный профундальный район озера (Центральное, Большое, Малое Онего, центральная часть Повенецкого залива) сохраняет свое исходное олиготрофное состояние. Фитопланктон Онежского озера представлен типичной североальпийской флорой, характеризуется видовым разнообразием, обычным в глубоководных олиготрофных озерах. В фитопланктоне доминирует диатомово-золотистый комплекс водорослей. Фитоценозы отличаются низкой удельной скоростью продуцирования (значения Р/В-коэффициентов не превышают 0,2 сут⁻¹). Максимальные средние за вегетационный сезон величины фотосинтеза достигают 18–34 мкг С/л·сут, а интегральная продукция в разные годы – 81–125 г С/м² за вегетационный период. Численность бактерий находится в пределах 0,4–0,7 млн/мл, а количество гетеротрофных бактерий изменяется от 10 до 100 кол./мл. Также невелики средние за вегетационный период биомасса и абсолютная величина продукции зоопланктона за вегетационный период – 0,05–0,07 г/м³ и 2–5 г С/м², соответственно. Доминирующими формами здесь являются копеподы (до 80 % биомассы). На значительных площадях профундальной зоны население макрозообентоса отличается невысокими показателями развития (в среднем 2 тыс. экз./м² и 3 г/м²) и постоянным видовым составом. Сообщества зообентоса представлены реликтовыми ракообразными (*Monoporeia affinis* Lindstr., *Pallasiola quadrispinosa* Sars, *Mysis relicta* Loven и крайне редко *Relictocanthus lacustris* G. Sars.), олигохетами, в небольшом количестве двусторчатые моллюсками и хирономидами. Более 90 % биомассы животных приходится на амфипод и олигохет. Для литорали характерны существенно более высокие показатели развития макрозообентоса – до десятков грамм на квадратный метр. В начале 2000-х годов в литоральной зоне озера повсеместно распространился новый вид – байкальская амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebbing, вселившаяся в Онежское озеро в результате непреднамеренной интродукции по системе озер и рек из западного региона России, куда этот вид более 40 лет назад был интродуцирован из оз. Байкал для повышения продуктивности озер. В настоящее время доля вида-вселенца в общих показателях численности и биомассы бентосных сообществ литорали в некоторых районах Онежского озера достигает 80–90 %. Ихтиофауна Онежского озера представлена 35–37 видами рыб и круглоротых. Из имеющихся видов около 15 экологических форм представлены семействами лососевых, сиговых и др. Ихтиофауна сформирована из семи фаунистических комплексов – бореального равнинного (25,7 % от общего числа видов), бореального предгорного (20 %), арктического и понтокаспийского пресноводных (по 14,3 %), амфибореального (8,6 %), арктического бореального и морского (по 8,6 %). Большинство видов рыб являются холодолюбивыми, сохранившимися в Онежском озере благодаря его холодноводности и олиготрофному статусу. Отдельные заливы, Кондопожская и Петрозаводская губы, испытывают наиболее сильное антропогенное воздействие, в результате чего их экосистемы перешли в разряд мезотрофных, а по отдельным гидробиологическим показателям приобрели черты эвтрофии. Сточные воды промкомплекса г. Петрозаводска характеризуются высокой фосфорной нагрузкой на экосистему Петрозаводской губы. Кондопожская губа отличается высокой нагрузкой органических и минеральных компонентов, сбрасываемых со сточными водами Кондопожского ЦБК. Наиболее существенные преобразования биоценозов в последние 30 лет происходили в Кондопожской губе в связи с изменением антропогенной нагрузки и проведением природоохранных мероприятий на ЦБК (использование рассеивающего выпуска сточных вод, введение в строй станции биологической очистки). Вынос загрязненных вод из обеих губ в сопредельные с ними участки Большого и Центрального Онего обуславливает количественные изменения здесь в бентосных сообществах.

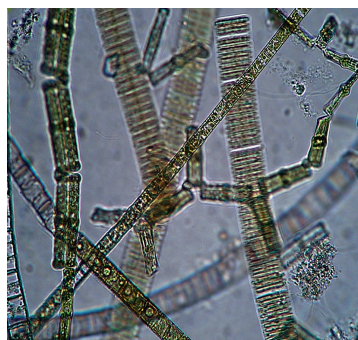
Авторы: Т.М. Тимакова, Н.М. Калинкина

ФИТОПЛАНКТОН

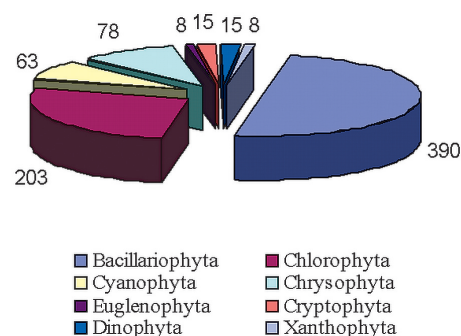
Фитопланктон Онежского озера представлен разнообразной флорой (780 таксонов), обычной для крупных глубоких холодноводных олиготрофных озер умеренного пояса, в составе которой существенная доля приходится на бореальные (40 %) и арктоальпийские (13 %) формы.



Летний фитопланктон

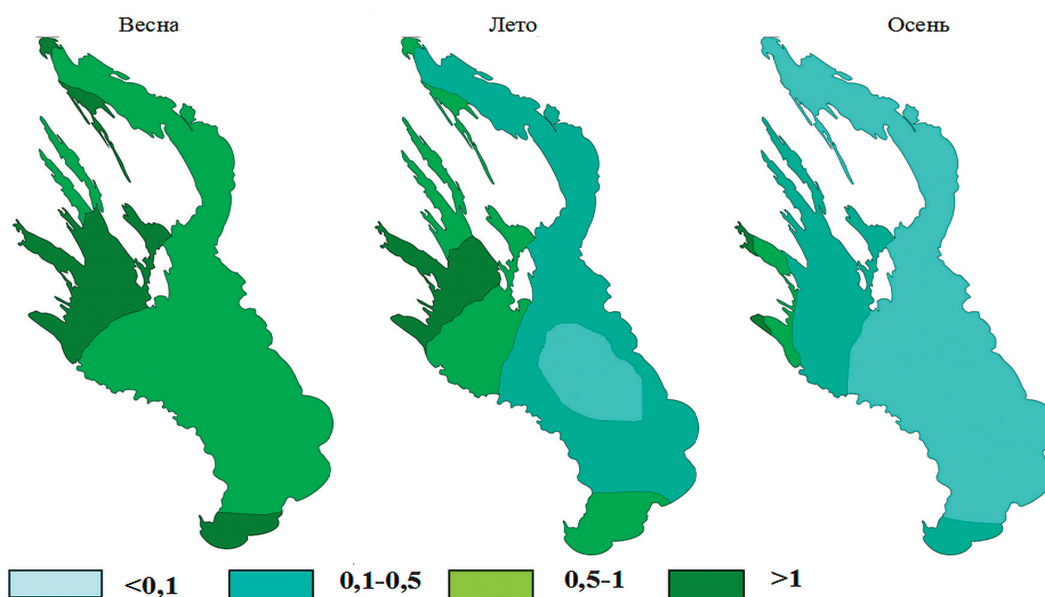


Осенний фитопланктон



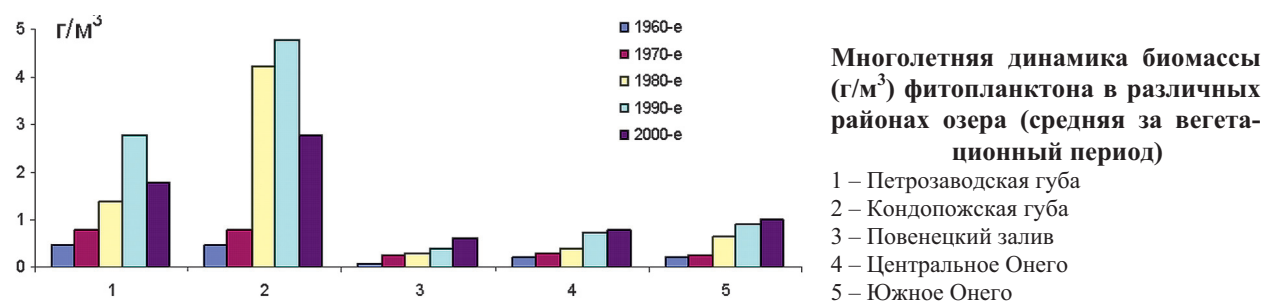
Таксономический состав фитопланктона

При круглогодичном доминировании диатомовых водорослей состав фитопланктона меняется на протяжении периода вегетации. В весенний период, связанный с образованием термобара, развиваются диатомовые водоросли (*Aulacoseira islandica*, *A. italica*, *A. alpigena*), при явном доминировании холодноводной диатомеи *A. islandica*. На поздней стадии весеннего комплекса *A. islandica*, продолжая лидировать в планктоне, вытесняется в эпилимнионе летними теплолюбивыми видами диатомовых – *Tabellaria fenestrata*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Diatoma elongatum*. В период поздней весны и раннего лета развиваются золотистые водоросли (Dinobryon). Летний период характеризуется интенсивной вегетацией синезеленых (*Aphanizomenon*, *Microcystis*), хлорококковых (*Planctococcus*, *Sphaerocystis*), желто-зеленых (*Tribonema*) и криптофитовых (*Cryptomonas*) видов водорослей, требующих для своего развития значительной обеспеченности фосфором и активно развивающихся в озерах, подверженных процессам эвтрофирования. Для осеннего планктона характерно продолжающееся развитие позднелетних видов при вторичном доминировании весенне-осенней диатомовой *A. islandica*.

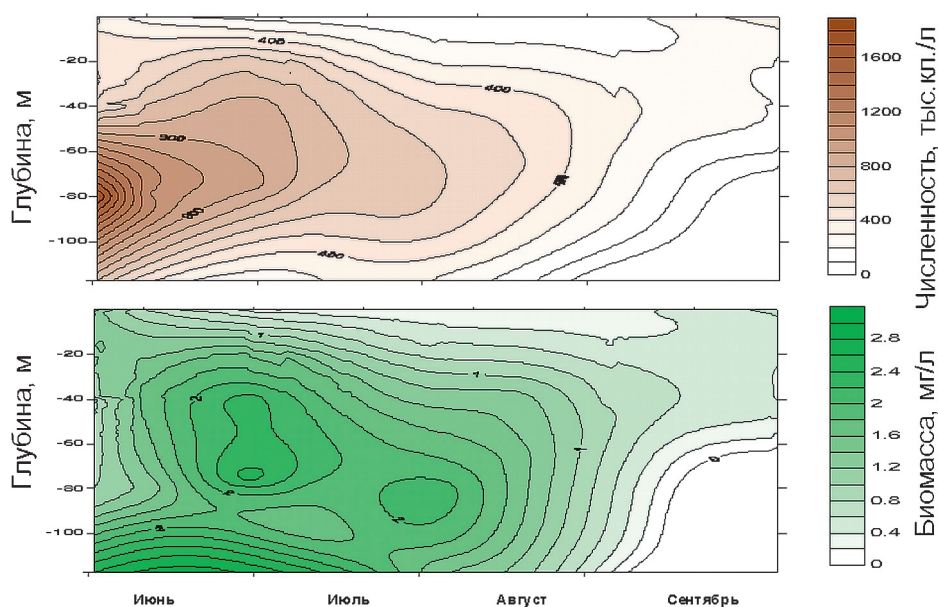


Распределение биомассы (г/м^3) фитопланктона по акватории озера в течение вегетационного периода (средние значения за период 1999–2005 гг.)

Сопоставление современных данных по фитопланктону глубоководного района озера (Центральный плес, заливы Повенецкий и Большое Онего) и его южной части с наблюдаемыми ранее свидетельствует о сходстве флористического состава доминирующего комплекса и сходстве в соотношении систематических отделов водорослей. Уровень биомассы фитопланктона в этих районах озера как в прежние годы, так и в настоящее время остается невысоким и соответствует статусу олиготрофных вод. В Петрозаводской губе, испытывающей антропогенное влияние водосборного бассейна р. Шуи и хозяйственно-бытовых стоков города, и в Кондопожской губе, подверженной сильному антропогенному воздействию сточных вод ЦБК, в течение длительного периода наблюдалось повышение уровня трофии вод. В настоящее время наметилась тенденция к снижению трофического статуса Петрозаводской и Кондопожской губ.



В целом за последние десятилетия в процессе эвтрофирования фитопланктон Онежского озера не претерпел существенных структурных изменений и при круглогодичном доминировании диатомовых водорослей по-прежнему сохраняет флористическое богатство, свойственное олиготрофным водоемам.



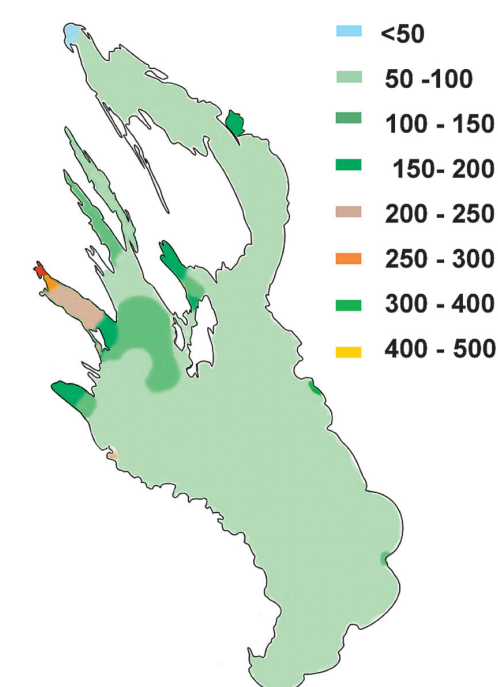
Вертикальное распределение численности и биомассы диатомовых водорослей

Авторы: Т.А. Чекрыжева, А.Н. Шаров

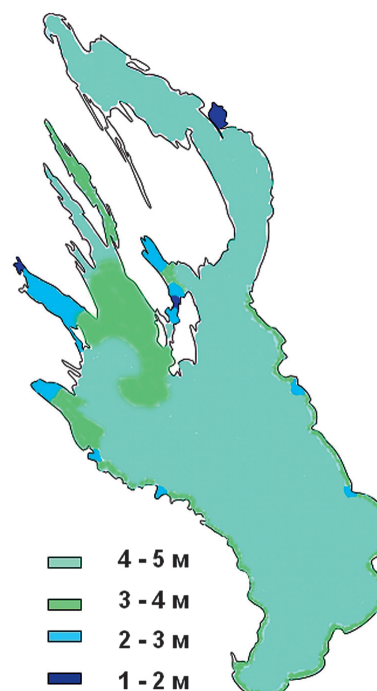
ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА

Современный уровень первичной продукции фитопланктона на основной акватории Онежского озера характеризуется низкими величинами, свойственными олиготрофным водам. В эвтрофируемых северо-западных заливах Кондопожском и Петрозаводском, а также в приустьевом участке самого крупного притока озера р. Водлы этот показатель достигает уровня мезотрофных экосистем. Световые условия для протекания фотосинтеза в толще воды определяет ее прозрачность, дости-

гающая в пелагической части озера средних значений 4–5 м, что является природной характеристикой водной среды Онежского озера. Меньше прозрачность воды в прибрежном районе, особенно в приустьевых участках рек. В эвтрофируемых губах Кондопожской, Петрозаводской, Великой этот показатель не превышает 1–3 м. Трофогенный слой в водоеме не превышает глубины 2,5 прозрачности воды и достигает средних значений 9–12 м, в заливах Кондопожском и Петрозаводском зона протекания фотосинтеза сокращается до 3,5–7 м. Сезонный ход первичной продукции фитопланктона в прибрежных участках и губах характеризуется весенним максимумом развития (конец мая – начало июня), в пелагической части озера – летним (июнь – начало августа) из-за позднего прохождения термобара. Сроки прохождения максимумов зависят от температурных условий года.

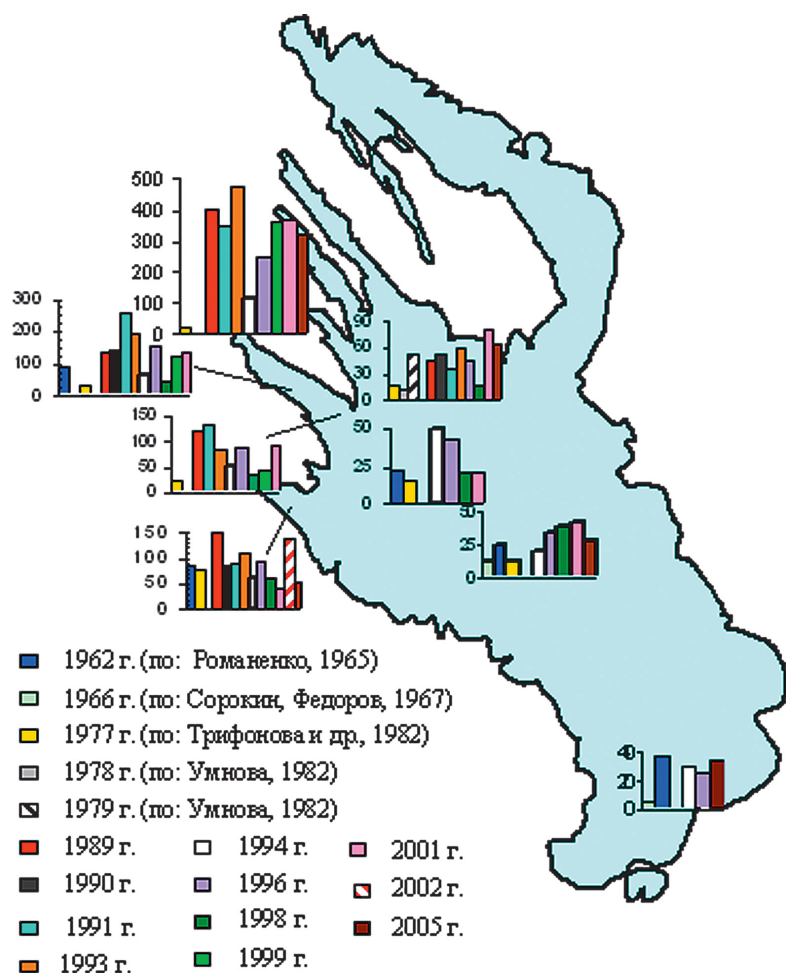


Средние величины первичной продукции фитопланктона в разных участках Онежского озера в летний период (июль–август) 1994–2005 гг., $\text{мг С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$

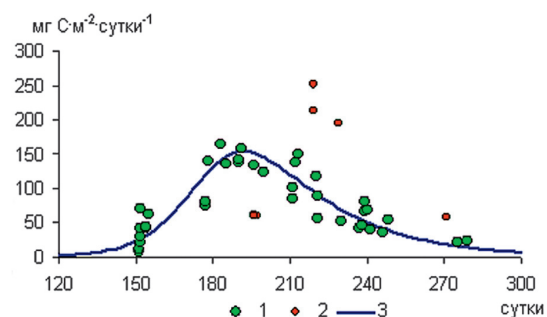


Средние величины прозрачности воды в разных участках Онежского озера в летний период (июль–август) 1994–2005 гг., м

Сравнительный анализ величин первичного продуцирования с 1960-х гг. по настоящее время показал, что имеется тенденция роста первичной продукции в Центральном Онеге и заливе Большое Онего. В Петрозаводской губе этот показатель сохраняется на уровне 1960–1970-х гг., в Кондопожской в последние 15 лет – существенно выше. Методом аппроксимации заданной функцией построена среднесезонная кривая сезонного хода первичной продукции в пелагической части озера. Вероятностный коридор вокруг функции пределов межгодовой изменчивости (95 % данных) невелик $\pm 1,98\sigma$ ($\sigma = 9\%$ от максимума или $30 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) и свидетельствует об устойчивости экосистемы. Четко выделяются отскакивающие точки, когда на величины первичной продукции временное влияние оказывали нехарактерные антропогенные факторы (вынос эвтрофированных вод в залив Большое Онего) и метеорологические условия (штормовая погода в открытом плесе).

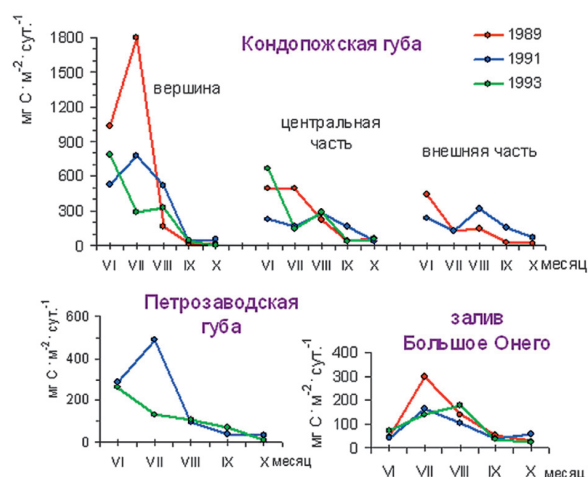


Первичная продукция фитопланктона в поверхностном слое воды Онежского озера в летний период 1962–2005 гг., $\text{мг С} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$



Среднеголетняя сезонная динамика величин первичной продукции фитопланктона в пелагическом районе Онежского озера

1 – данные, 2 – отскакивающие точки, 3 – среднеголетняя кривая

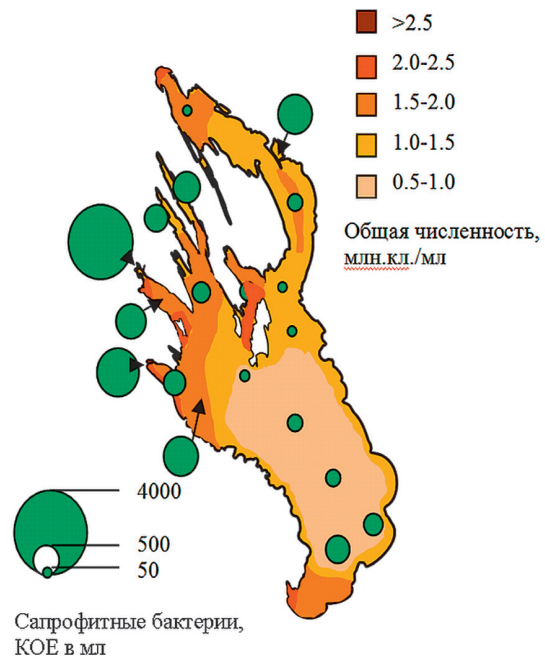


Сезонная динамика первичной продукции фитопланктона в разных участках Онежского озера

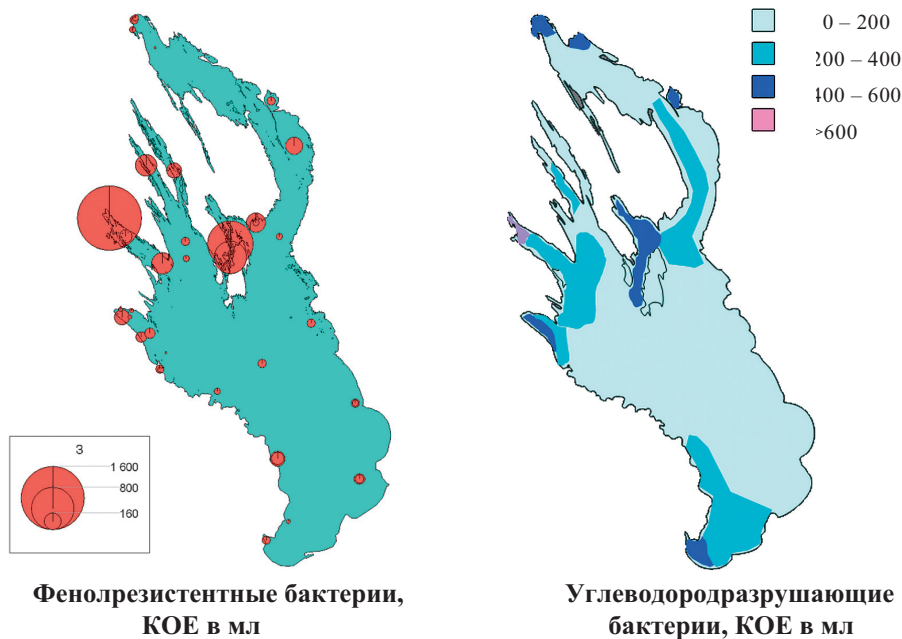
Автор: Е.В. Теканова

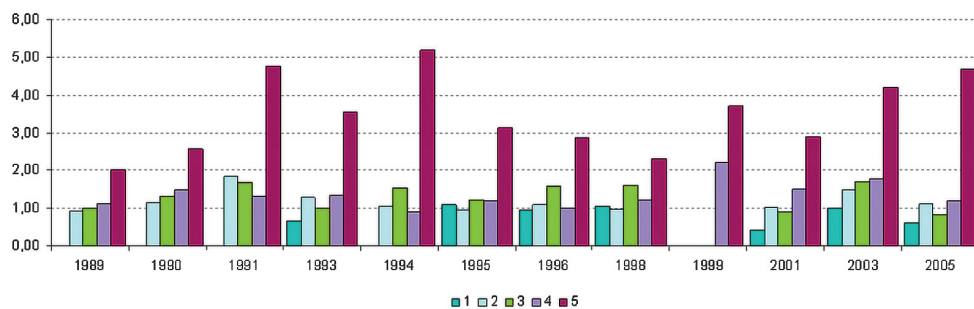
БАКТЕРИОПЛАНКТОН

Влияние антропогенного фактора, морфометрические особенности и неравномерность речного притока обуславливают в озере неоднородность пространственного распределения и большую вариабельность количественных показателей бактериопланктона. Небольшой обсемененностью воды бактериофлорой характеризуются Центральный район и преобладающая часть Южного Онего. Общая численность, количество гетеротрофных бактерий здесь достаточно стабильны на протяжении последних десятилетий. Повышенная концентрация бактерий, по сравнению с центральным районом озера, регистрируется в сопредельных с северо-западными губами районах озера – в заливе Большое Онего и в северо-западном участке Центрального Онего, что связано с выносами в эти участки загрязненных вод из северо-западных губ. Вариабельность количественных показателей бактериопланктона здесь особенно велика. Устойчиво высокими количественными показателями бактериальной численности выделяются экосистемы Кондопожской и Петрозаводской губ, северная часть Повенецкого залива и участок около истока р. Свири, а также район Кижских шхер, являющийся исторически более эвтрофированным участком Онежского озера. На наличие в воде озера загрязняющих веществ лигнинного происхождения указывает постоянное присутствие в бактериальных сообществах фенолрезистентных бактерий. Максимальной численностью, обусловленной присутствием в воде лигнинных веществ техногенного происхождения, выделяется Кондопожская губа, а также зарастаемое макрофитами мелководье Кижских шхер. Бактерии, разрушающие углеводороды, достигают заметного для озера развития в районах интенсивного судоходства и в локальных участках Кондопожской и Петрозаводской губ.



Распределение общей численности и сапрофитных бактерий в поверхностном слое воды в летний период

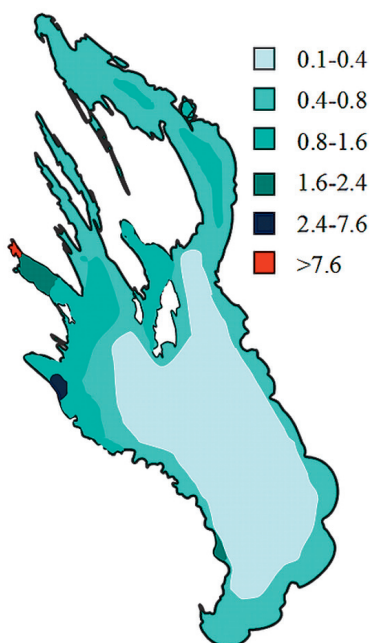




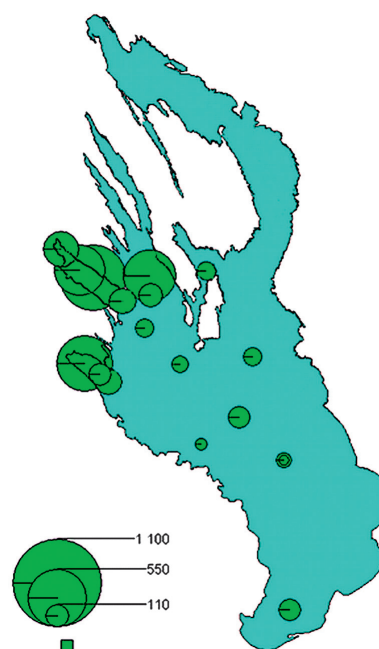
Динамика общей численности бактерий (поверхностный слой водной толщи, летний период):

1 – Центральная часть, 2 – залив Большое Онего, 3 – Петрозаводская губа, 4 – центральная часть Кондопожской губы, 5 – вершинная часть Кондопожской губы

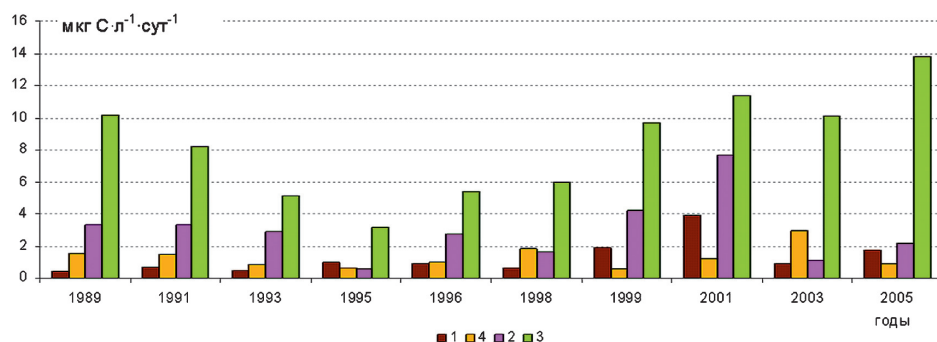
Оцениваемая по темновой фиксации CO_2 биосинтетическая активность бактериопланктона характеризуется невысокими величинами. В летний период на преобладающей акватории водоема в поверхностном слое воды они варьируют в пределах от 0,1 до 0,8, а в районах, подверженных влиянию выносимых из губ загрязнений, и шхерном участке достигают $1,0 \text{ мкг С/л}^{-1} \text{ сут}^{-1}$. Лишь в губах темновая фиксация углекислоты имеет более высокие значения, особенно в максимально загрязненных вершинных участках, где они достигают 2 – более $7 \text{ мкг С/л}^{-1} \text{ сут}^{-1}$.



Темновая ассимиляция CO_2 в поверхностном слое воды, $\text{мкг С/л}^{-1} \text{ сут}^{-1}$ (летний период)



Поглощение кислорода илами



Темновая ассимиляция углекислоты (поверхностный слой):

1 – залив Большое Онего, 2 – Петрозаводская губа, 3 – центральная часть Кондопожской губы, 4 – вершинная часть Кондопожской губы

Автор: Т.М. Тимакова

ЗООПЛАНКТОН

Зоопланктон является одним из основных компонентов пелагической системы. Он участвует в процессах трофического переноса вещества и энергии, саморегуляции экосистемы.

К настоящему времени в Онежском озере отмечено 350 таксонов рангом ниже рода, в том числе простейших – 138 (инфузорий – 128, солнечников – 4, корненожек – 6), коловраток – 113, ракообразных – 99 (Copepoda – 32, Cladocera – 67).

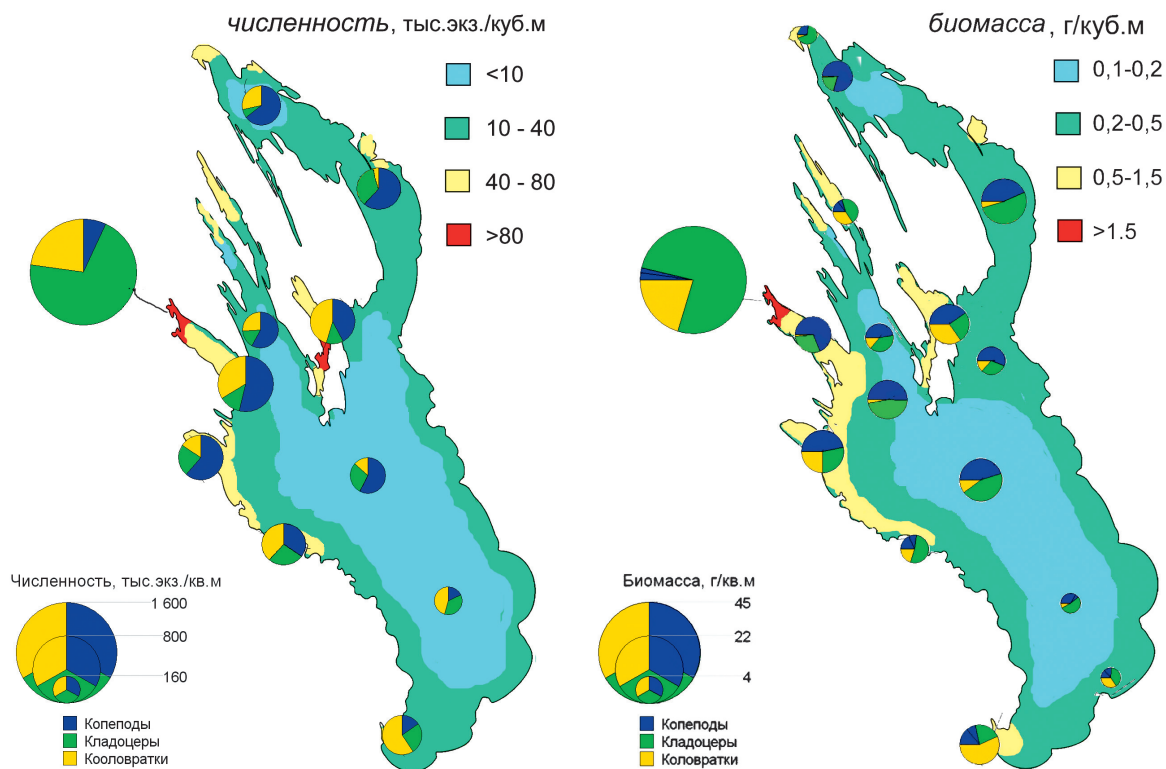
Основу пелагического планктона составляют обычные для озер северо-западного региона виды: *Limnocalanus grimaldii macrurus* Sars, *Eudiaptomus gracilis* Sars, *Cyclops lacustris* Sars, *Thermocyclops oithonoides* Sars, *Mesocyclops leuckarti* Claus, *Daphnia cristata* Sars, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Bosmina lacustris* Sars и *B. coregoni* Baird, *Kellicottia longispina* (Kellicott). В губах к пелагическому комплексу добавляются литоральные виды.

Структура (количество и соотношение основных групп) зоопланктона отражает условия его существования.

Преобладание в летний период веслоногих рачков указывает на олиготрофный статус планктонной системы в Центральном Онего, в заливах Повенецком и Большое Онего. Увеличение численности коловраток наблюдается в некоторых прибрежных районах, испытывающих кратковременное антропогенное воздействие. Резкое увеличение количества зоопланктона в вершинной части Кондопожского залива, в основном за счет ветвистоусых, обусловлено долговременным влиянием сточных вод ЦБК.

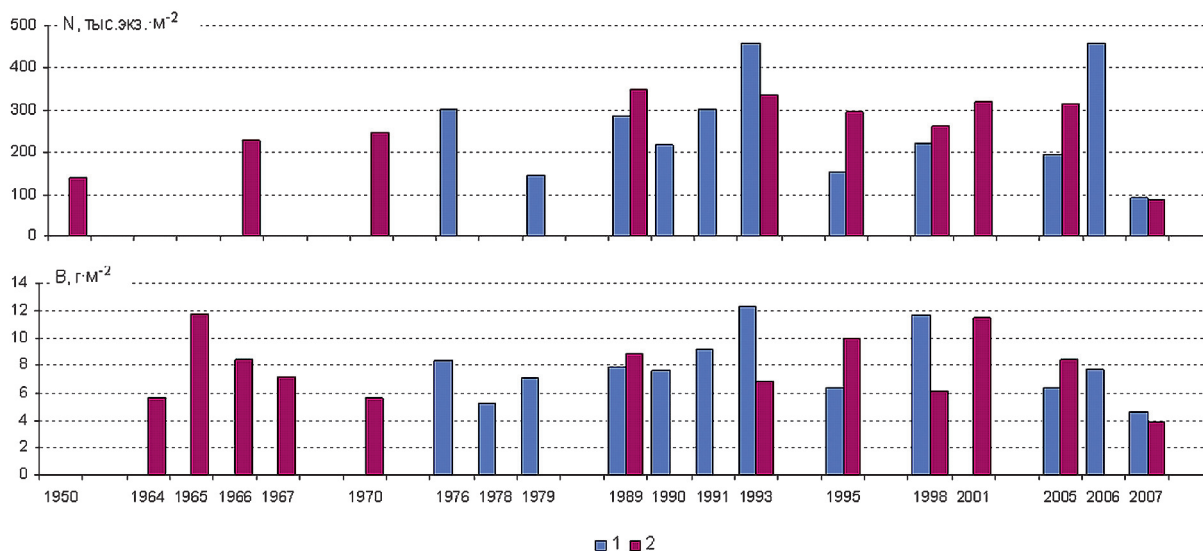


***Daphnia cristata* Sars, или
водяная блоха – обычный
компонент озерного планктона**



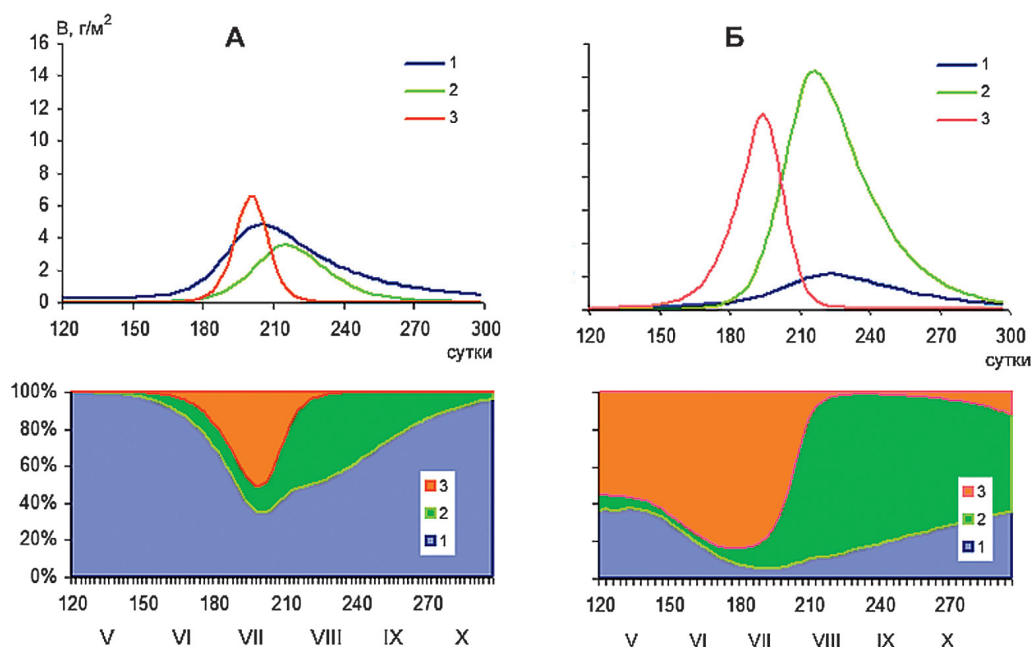
Распределение по озеру средних и максимальных летних численностей и биомасс зоопланктона, соотношение основных групп

Количество зоопланктона в глубоководном заливе Большое Онего и в центральной части озера практически не изменилось с 1960-х гг. Не изменился также состав и структура сообщества.



Колебания численности (N) и биомассы (B) зоопланктона в летний период в центральной части озера (1) и в заливе Большое Онего (2)

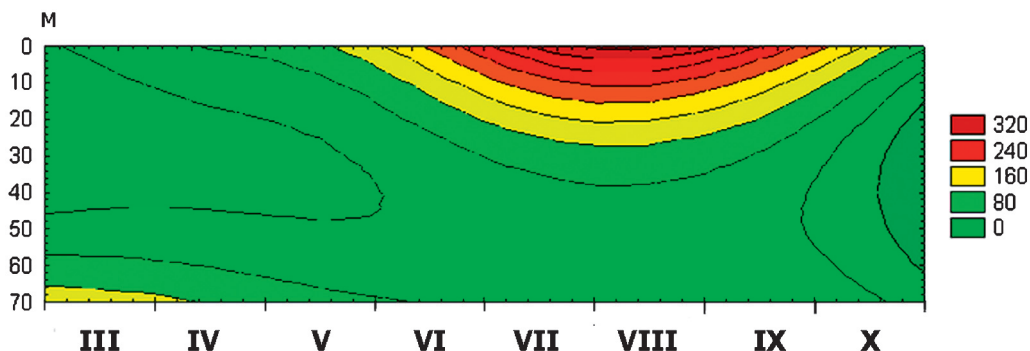
Сезонная цикличность зоопланктона ярко выражена. В различные сезоны наблюдаются изменения количества, состава и структуры зоопланктона, в зависимости от экологических и трофических особенностей составляющих групп и видов. С повышением трофии изменяются как абсолютные величины численности и биомассы, так и структура сообщества.



Среднеголетняя сезонная динамика биомассы (г/м^2) основных групп зоопланктона в олиготрофном заливе Большое Онего (А) и в более трофном районе вершинной части Кондопожского залива (Б):

1 – веслоногие, 2 – ветвистоусые, 3 – коловратки

Вертикальное распределение зоопланктона определяется температурой и трофическими условиями. В летний период большая часть организмов сосредоточена в слое 0–10 м, в остальные сезоны зоопланктон распределяется в толще воды или у дна.



Сезонная динамика вертикального распределения биомассы (мг/м^3) зоопланктона по глубине в олиготрофном районе озера

Автор: М.Т. Сярки

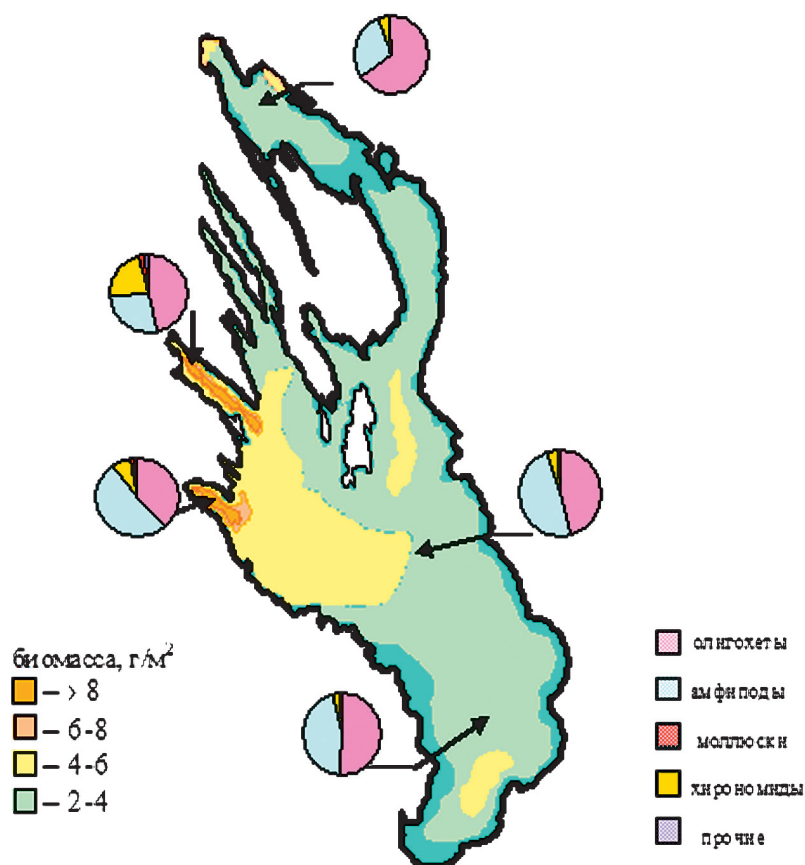
МАКРОЗООБЕНТОС

Донные биотопы озера населяют свыше 500 видов и форм бентических беспозвоночных, большинство которых сосредоточено в прибрежных районах озера. Средние величины обилия макрозообентоса озера в целом (без учета литоральной зоны) в настоящее время достигли 5 тыс. экз./ м^2 и 7,0 г/м^2 . Более 68 % его численности и 40 % биомассы приходится на олигохет. Реликтовые ракообразные образуют 42 % биомассы, составляя немногим более 17 % численности животных. Самый крупный реликтовый рачок *Relictocanthus lacustris* G. Sars., внесенный в Красную книгу Карелии, встречается очень редко.

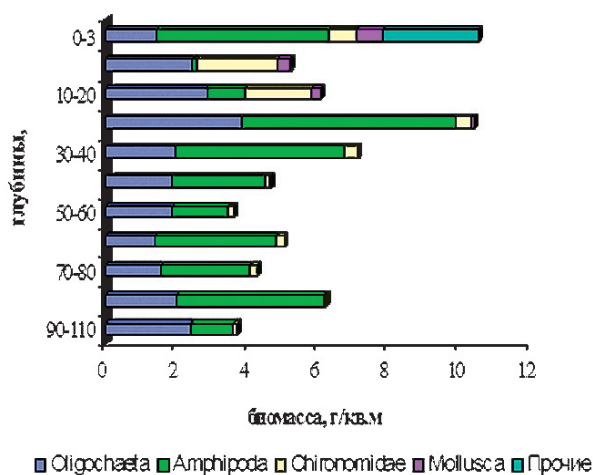
Макрозообентос литоральной зоны озера достаточно разнообразен и включает свыше 20 групп донных беспозвоночных различного таксономического ранга. Наиболее распространенными и многочисленными являются малощетинковые черви, ракообразные и личинки амфибиотических насекомых – поденок, ручейников, веснянок, двукрылых.

Средняя численность макрозообентоса в прибрежной зоне составляет $11,8 \pm 1,7$ тыс. экз./м², а биомасса – $11,8 \pm 1,5$ г/м².

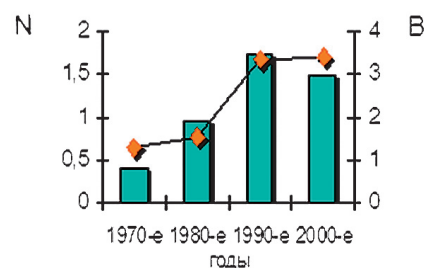
В бентосе залива Большое Онего и центрального плеса озера, служащих зоной седиментации осадков, выносимых из эвтрофируемых северо-западных губ, с конца 1980-х гг. отмечен устойчивый рост количественных показателей, которые в центральном плесе в последние годы колеблются в пределах 1,0–1,8 тыс. экз. и 1,7–4,6 г/м², в среднем составляя 1,6 тыс. экз./м² и 3,5 г/м².



Состав макрозообентоса и распределение его биомассы

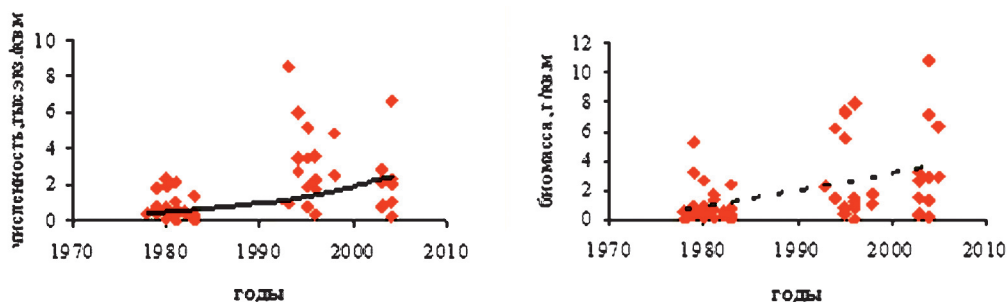


Распределение макрозообентоса по глубинам



Многолетнее изменение количественных характеристик макрозообентоса в центральном плесе:
N – численность, тыс. экз./м²,
B – биомасса, г/м²

При наличии флуктуаций численности и биомассы макрозообентоса в южной части озера тренды в его количественном развитии за много лет статистически не достоверны. В настоящее время он практически не отличается от бентосных группировок центрального района ни по составу и доминирующим видам, ни по количественным показателям (2,2 тыс. экз./м² и 3,2 г/м²).



Численность и биомасса макрозообентоса южной части озера в различные годы

Донные сообщества литоральной зоны Онежского озера в настоящее время претерпевают значительные структурные преобразования под натиском так называемого «биологического загрязнения» – инвазии бокоплава байкальского происхождения *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing). Этот небольшой рачок (до 1,5 см) появился в озере в результате непреднамеренной интродукции в начале 2000-х гг. (Березина, Панов, 2003). К настоящему времени он широко расселился в озере. Распространение *Gm. fasciatus* ограничивается прибрежным мелководьем (до 3–5 м). Благодаря высоким количественным показателям и темпам продуцирования он быстро включается в экосистемные процессы трансформации вещества и энергии. Непредсказуемость и практическая неустранимость «биологического загрязнения» делает его специфической и весьма мощной формой антропогенного воздействия на экосистемы.



Gmelinoides fasciatus (Stebbing)



Распространение инвазийного вида *Gm. fasciatus* в озере

Автор: Т.Н. Полякова

ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ



Каменистая литораль



Песчаная литораль



Илистая литораль

Высшая водная растительность, наряду с водорослями обрастаний, представляет собой один из наиболее характерных элементов биоты литоральной зоны озер. По максимальной глубине распространения растений устанавливается и нижняя граница литоральной зоны. В Онежском озере отмечены 104 вида высших водных и прибрежно-водных растений. Они образуют фитоценозы, объединяемые в 65 ассоциаций (табл.). Строителями растительных сообществ является 31 вид цветковых и 1 вид высших споровых растений.

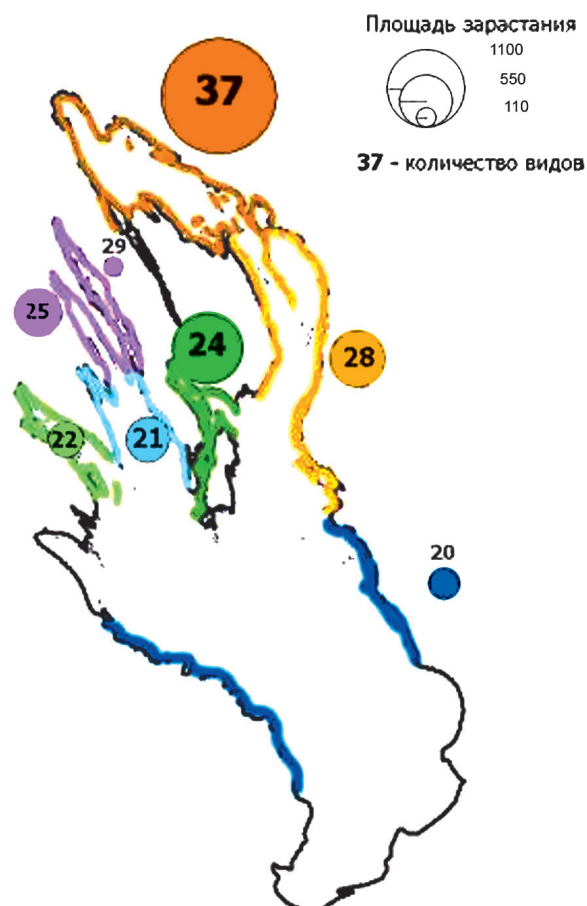
Типы литорали

Тип литорали	Площадь, %	Кол-во ассоциаций
Каменистая	35	18
Песчаная	33	35
Илистая	14	46
Скалисто-глыбовая	12	—
Глинистая	6	23

Во всех без исключения районах Онежского озера господствующие положение принадлежит группировкам тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Сообщества камыша озерного (*Scirpus lacustris* L.) и хвоща приречного (*Equisetum fluviatile* L.) занимают очень небольшую площадь, хотя они являются доминантами гидрофильных сообществ, свойственных северным областям России. Довольно широкое распространение для такого олиготрофного водоема, как Онежское озеро, получили группировки растений с плавающими листьями, в особенности кубышки желтой (*Nuphar lutea* (L.) Smith) и горца земноводного (*Polygonum amphibium* L.). Их развитию способствует обилие небольших защищенных от волнения заливов и бухточек в северных и средней частях озера.

Основным продуцентом фитомассы является тростник, создающий 75 % органического вещества, 6 % дают различные виды осок, сообщества которых занимают, как правило, вершины заливов. На долю камыша озерного приходится 5 % фитомассы. Растения с плавающими листьями создают 10 % органического вещества, в том числе кубышка желтая – 5,6 %. Очень мала фитомасса погруженных растений – около 3 % от общей.

Годовая продукция макрофитов Онежского озера составляет около 6 тыс. т органического вещества. В пересчете на единицу площади акватории она составляет 0,28 г С/м² или 1,5 г С/м² площади литорали (Распопов, 1971, 1975).



Количество видов макрофитов и площадь зарастания по районам озера

Список водных растений Онежского озера, внесенных в Красную книгу Карелии (2007)

Каулиния гибкая	<i>Caulinia flexilis</i> Willd.
Рдест маленький	<i>Potamogeton pusillus</i> L.
Рдест Фриса	<i>P. friesii</i> Rupr.
Уруть мутовчатая	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.
Лобелия Дортмана	<i>Lobelia dortmanna</i> L.
Полушник озерный	<i>Isoetes lacustris</i> L.
Полушник колючеспоровый	<i>I. echinospora</i> Durieu
Шелковник грязный	<i>Batrachium eradicatum</i> (Laest.) ries
Шелковник волосистолыстый	<i>B. trichophyllum</i> (Chaix) Bosch
Омежник водный	<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.



Каулиния гибкая



Лобелия Дортмана

Авторы: И.М. Распопов (ИНОЗ РАН), А.В. Фрейндлинг, М.Т. Сярки

РЫБЫ



Ихтиофауна Онежского озера и его бассейна представлена практически всеми видами рыб, встречающимися на территории Карелии. В озере постоянно обитают или изредка встречаются 36 видов рыб, относящихся к 15 семействам (Биоресурсы..., 2008).

Среди всех видов доминируют карповые (13), т.е. видовое разнообразие рыбного населения почти на 30 % определяется карповыми рыбами. По три вида имеются в семействах лососевых, окуневых и рогатковых.

Семейство **Миноговые**: Минога речная, Минога ручьевая

Семейство **Осетровые**: Стерлядь

Семейство **Лососевые**: Атлантический лосось, Кумжа (форель), Палия

Семейство **Сиговые**: Ряпушка, Сиг обыкновенный

Семейство **Хариусовые**: Хариус

Семейство **Корюшковые**: Корюшка

Семейство **Щуковые**: Щука

Семейство **Карповые**: Плотва, Язь, Елец, Голавль, Гольян, Красноперка, Пескарь, Уклея, Густера, Синец, Лещ, Чехонь, Карась золотой

Семейство **Балиторовые**: Голец усатый

Семейство **Сомовые**: Сом обыкновенный

Семейство **Угревые**: Угорь речной

Семейство **Налимовые**: Налим

Семейство **Колюшковые**: Колюшка девятииглая, Колюшка трехиглая

Семейство **Окуневые**: Судак, Окунь, Ерш

Семейство **Керчаковые, Рогатковые**: Рогатка четырехрогая, Подкаменщик пестроногий, Подкаменщик обыкновенный

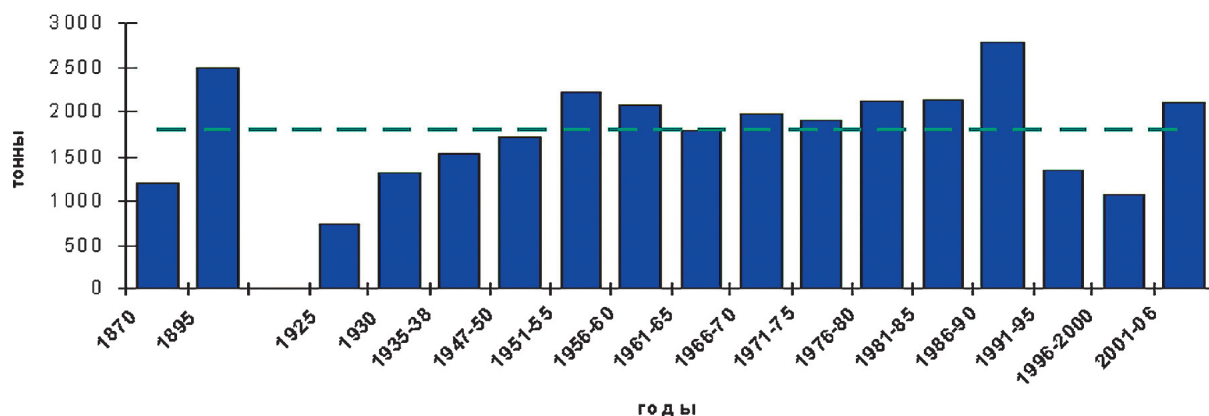
В озеро вселялись байкальский омуль и пелядь, но их натурализация не отмечена. В последние годы все чаще появляются сведения о поимке радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walbaum), сбегающей из форелевых хозяйств.

Видовой состав рыбного сообщества Онежского озера сформирован из представителей шести фаунистических комплексов. По числу видов в комплексе ведущее положение занимают бореальный равнинный и пресноводный понтический, т.е. комплексы более южного происхождения.

Фаунистические комплексы рыбного сообщества Онежского озера и их роль в промысле
(% в общем улове – среднее за 1956–1990 гг.)

Фаунистический комплекс	Всего видов	Число промысловых видов	% в улове	Промысловые виды
Арктический пресноводный	5	5	81,67	Палия, ряпушка, сиви, корюшка, налим
Бореальный предгорный	6	3	0,58	Озерный лосось, форель, хариус
Бореальный равнинный	10	5	13,87	Окунь, щука, плотва, ерш, язь
Пресноводный амфибореальный	2	1	2,16	Судак
Пресноводный понтический	8	2	1,73	Лещ, уклея
Арктический морской	1	0	–	

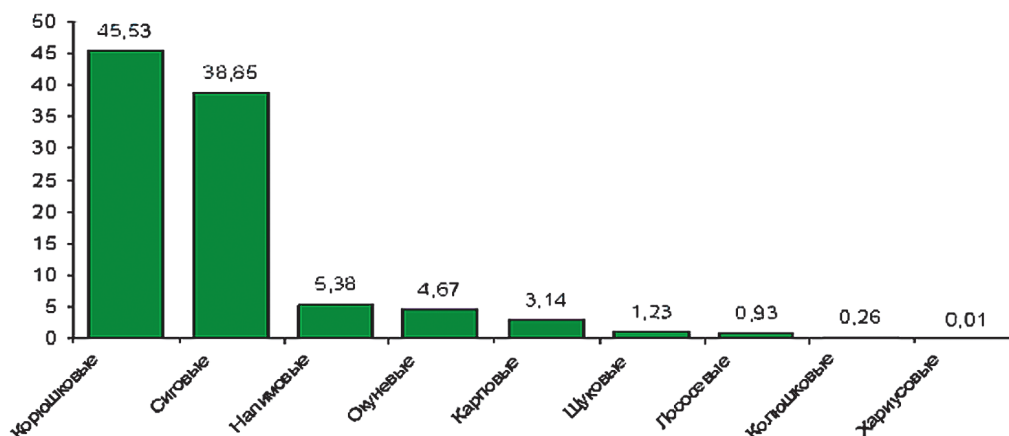
В развитии рыбного хозяйства Онежского озера за последние 120–130 лет можно условно выделить несколько этапов, которые различаются по социально-экономическим и рыбопромысловым показателям, промысловой нагрузке на водоем и эффективности эксплуатации рыбных ресурсов. С середины XIX в. и до 1930-х гг. – этап индивидуальных и артельных хозяйств по рыбодобыче (кустарное рыболовство). Следующий этап (30-е гг.) – коллективизация рыбацких хозяйств. Послевоенный этап (1948 г. – начало 60-х гг.) – колхозно-государственный. После 60-х гг. и до 1990 г. – этап постепенного усиления доминирования государственной рыбодобычи. На период 1985–1990 г. приходится максимальная интенсивность рыболовства и наибольшие уловы. С 1991 по 2005 г. – этап разрушения государственной организации рыбного хозяйства и становления рыночных отношений, что привело к появлению множества пользователей разных уровней.



Динамика уловов рыбы за последние 140 лет. Пунктирная линия – средние уловы 1800 т

В Онежском озере к промысловым относятся 16–17 видов. Основу уловов составляют 10–12 видов. Доминирующими видами в промысле являются корюшка и ряпушка (50–85 %). На долю прочих видов приходится 25–50 %. По мере снижения доли в промысловых уловах рыбы распределяются следующим образом: европейская корюшка, европейская ряпушка, налим, европейский сиг (*Coregonus lavaretus* L.), судак, лещ, окунь, плотва, щука, ерш. В общем улове лосось, палия, хариус в последние годы составляли около 0,5 %. С 1990 г. официальная статистика их вылова практически отсутствовала. В настоящее время уменьшились уловы лосося, палии, сига, судака в результате перелова.

Рыбопродуктивность в среднем по озеру составляет 1,9–2,7 кг/га, для заливов – 4,5–5,8 (Биоресурсы, 2008).



Структура уловов (среднее за 1956–2006 гг.)

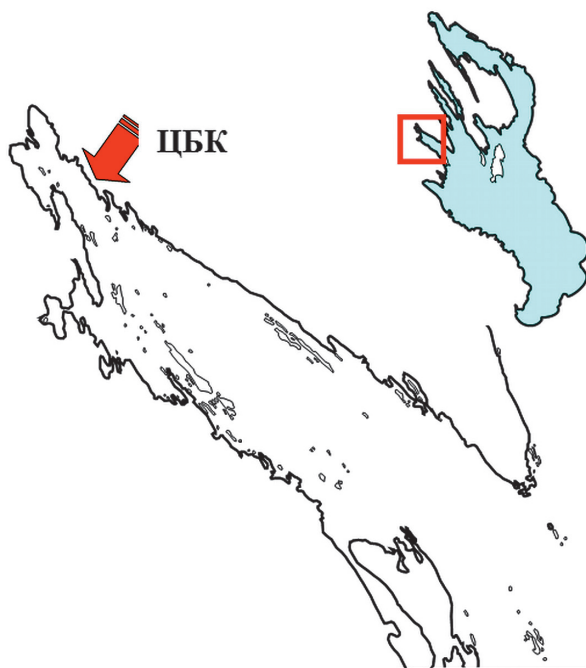


Онежский лосось, выловленный троллингом

Развитие рыболовного туризма является перспективным направлением для спортивного рыболовства на Онеге. Однако должно быть рассчитано количество вылавливаемой без ущерба для популяции рыбы, в основном ориентируясь на лов по типу «поймал-отпустил». С этой точки зрения такой способ спортивного рыболовства, как «троллинг», может приносить существенный доход в бюджет республики, привлекая рыболовов из многих стран мира.

Авторы: А.А. Лукин, А.П. Георгиев

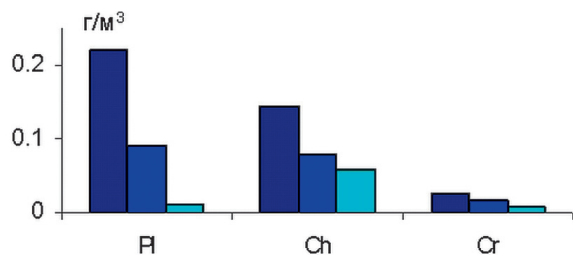
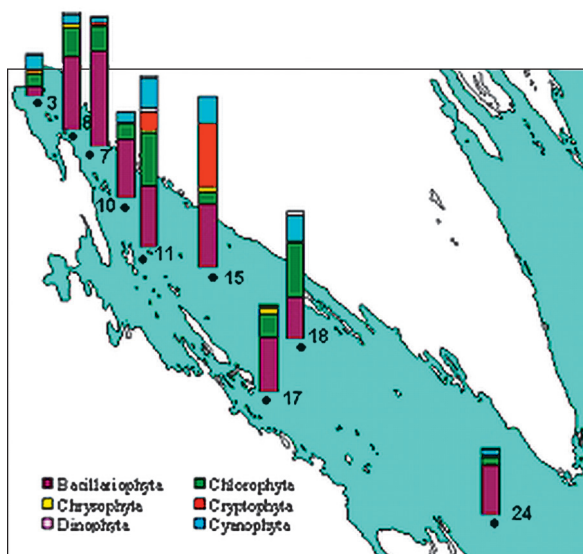
ГИДРОБИОЛОГИЯ КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ



Кондопожская губа относится к наиболее эвтрофируемым районам Онежского озера. Главная причина антропогенного эвтрофирования – сточные воды расположенного в вершинной части губы целлюлозно-бумажного комбината. Важным компонентом сточных вод является органическое вещество, на биохимическое окисление которого расходуется много кислорода. Кроме того, из очистных сооружений в залив поступает большое количество фосфора. Его содержание в заливе достигло критического уровня (15–70 мкг/л), когда экосистема реагирует возрастанием своего продукционного потенциала. В настоящее время характерными чертами биологического режима в заливе являются увеличение трофии (эвтрофированием затронута большая часть акватории губы), отрицательный биотический баланс органического вещества, ускорение нитрификационных процессов, высокая сапробность воды.

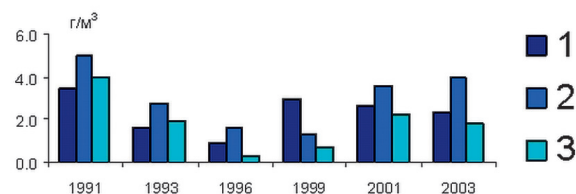
ФИТОПЛАНКТОН

В фитопланктоне губы в процессе антропогенного эвтрофирования наблюдаются структурные перестройки в видовом составе, соотношении систематических отделов водорослей, сезонные и межгодовые колебания биомассы. Пространственное распределение фитопланктонных видов из числа криптофитовых, хлорококковых, вольвоксовых и синезеленых водорослей, являющихся индикаторами повышенного уровня трофии и сапробности вод, свидетельствует о все еще продолжающемся загрязнении кондопожских вод, которое вышло за пределы вершинной части губы и распространилось вплоть до центральной части ее акватории. Согласно шкалам определения трофического статуса пресных водоемов и эколого-санитарным классификациям поверхностных вод суши, акваторию Кондопожской губы в настоящее время по показателям фитопланктона в целом можно отнести к классу вод удовлетворительной чистоты.



Распределение биомассы индикаторных видов фитопланктона по акватории губы в летний период 1999 г.:

Pl – *Planctococcus sphaerocystiformis*, Ch – *Chlamydomonas monadina*, Cr – виды р. *Cryptomonas*



Межгодовая изменчивость летней биомассы фитопланктона губы:

1 – вершинная часть, 2 – центр губы, 3 – открытая часть

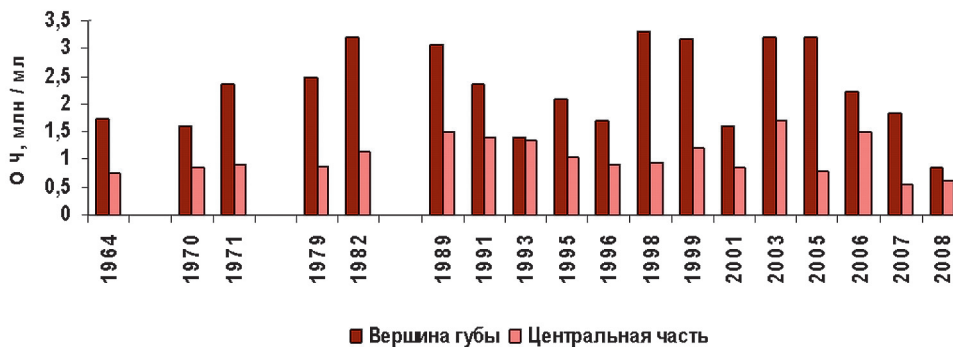
ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ

В настоящее время в распределении показателей первичного продуцирования (в пределах мезотрофного уровня) по продольному разрезу Кондопожской губы выделяются три зоны с закономерным уменьшением по мере удаления от источника биогенного загрязнения максимальной продукции (поверхностный слой воды 1 м³) и ее доли в интегральной продукции под м², характеризующей тип вертикального профиля фотосинтеза.



Современный уровень первичной продукции в Кондопожской губе обеспечивается высокой фосфорной нагрузкой на водоем сточных вод ЦБК после пуска в 1983 г. станции биологической очистки. Некоторым снижением показателей (немногим больше величины межгодовой изменчивости) отреагировала продукция фитопланктона на сокращение производства и снижение объема стоков (в том числе и фосфора), поступающих в залив, в середине 90-х годов.

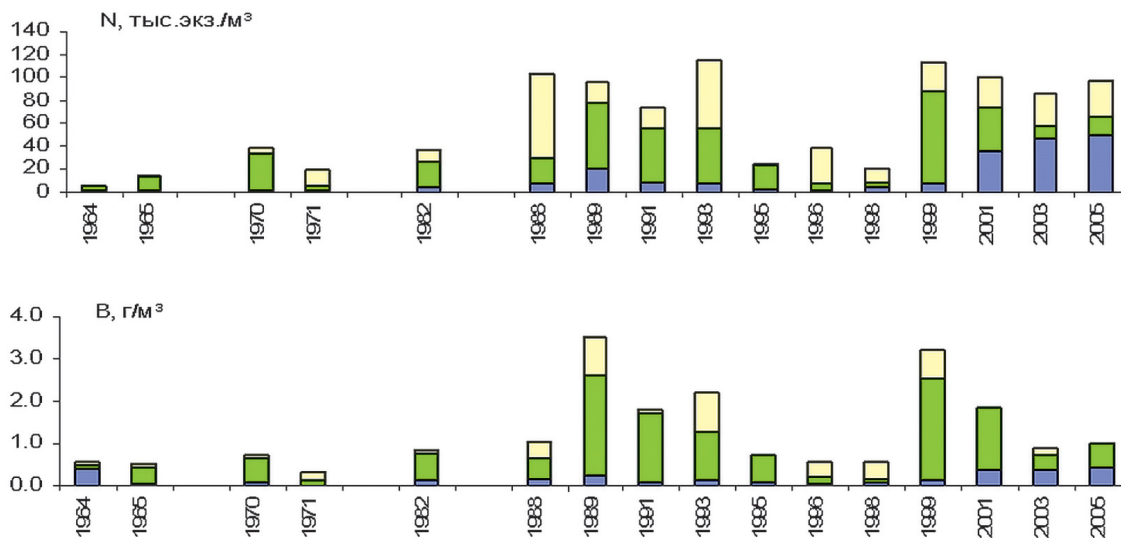
БАКТЕРИОПЛАНКТОН



Многолетняя динамика общей численности бактерий

ЗООПЛАНКТОН

Многолетние изменения количества и структуры сообщества зоопланктона вершинной части Кондопожской губы представлены на рисунке. Снижение показателей и изменение структуры в середине – конце 90-х, по-видимому, связано с падением производства и уменьшением антропогенного пресса.

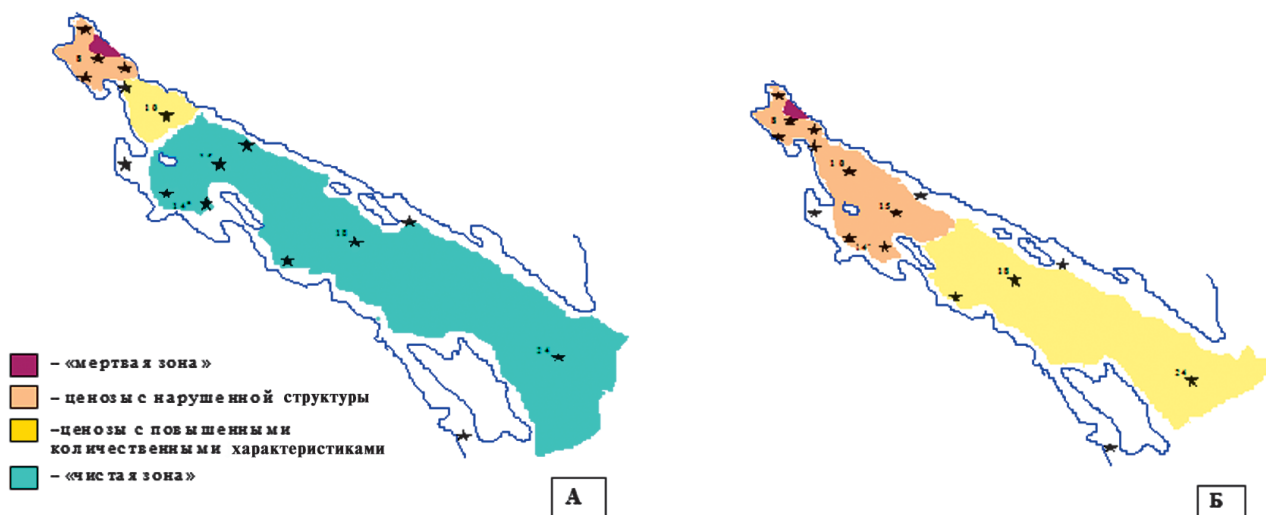


Многолетние изменения численности (N) и биомассы (B) и структуры сообщества вершинной части Кондопожской губы:

1 – копеподы, 2 – клардоцеры, 3 – коловратки

МАКРОЗООБЕНТОС

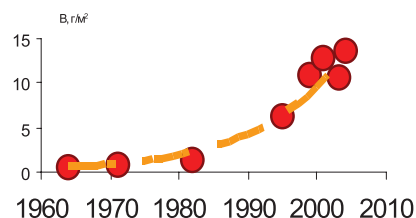
Основной тенденцией, наблюдаемой на протяжении 40 лет наблюдений в Кондопожской губе, является постепенное увеличение загрязненных площадей дна. Распространение органического загрязнения обусловило формирование более простых сообществ с обедненным видовым составом, измененными межвидовыми отношениями (иными доминантами) в северной части водоема (до о. Соколий).



Распределение донных ценозов в Кондопожской губе:

А – в 1970-е гг., Б – в 2000-е гг.

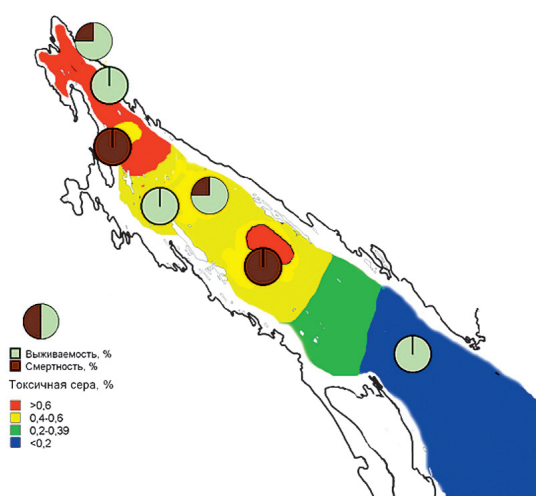
Такие сообщества обладают известной устойчивостью в новых экологических условиях, поскольку доминирующие в них виды пластичны, выносливы и способны выживать при очень высокой степени загрязнения, достигая при этом весьма значительных показателей обилия и биомассы (до 41,0 тыс. экз./м² и 58,0 г/м²). В целом в бентических группировках северной части губы главенствует олигохетно-хириноидный комплекс с преобладанием червей по численности и в несколько меньшей степени по биомассе. Значительные площади техногенных отложений этой зоны по-прежнему лишены организмов макробентоса. В северной части реликтовые амфиподы отсутствуют. Зоной их массового развития являются обширные глубоководные области центрального плеса и внешней части губы. Численность и биомасса макрозообентоса залива в настоящее время достигли 7,0 тыс. экз./м² и 12,0 г/м². За 30 с небольшим лет функционирования рассеивающего выпуска сточных вод и биологических очистных сооружений уровень количественного развития бентоса в среднем по губе возрос более чем в 40 раз, а биомасса – почти в 20 в сравнении с начальным периодом наблюдений (1964 г.).



Многолетние изменения
биомассы макрозообентоса

ТОКСИКОЛОГИЯ

В Кондопожской губе сформировались зоны загрязнения донных отложений отходами целлюлозно-бумажной промышленности. Соединения серы, используемые при варке древесины, входят в состав загрязняющих органических веществ, которые накапливаются на дне залива. В настоящее время зоны с максимальным содержанием серы приурочены к вершинной части и глубоководному району Кондопожской губы. Здесь содержание серы в донных осадках достигает 0,6–0,7 %, при фоновых – 0,15–0,21 %. Именно в этой зоне наблюдается опасная токсикологическая ситуация. Водные вытяжки донных отложений этой зоны снижают выживаемость дафний вплоть до их полной гибели.



Содержание серы в донных отложениях
Кондопожской губы и токсикологическая
ситуация на дне залива

Авторы: Т.А. Чекрыжева, Е.В. Теканова, Т.М. Тимакова, М.Т. Сярки, Т.Н. Полякова, Н.М. Калинкина

ГИДРОБИОЛОГИЯ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ



Петрозаводская губа находится под влиянием сточных вод Петрозаводского промузла, с которыми в залив поступает большое количество фосфора. Кроме того, на качество воды оказывают большое влияние воды р. Шуи, насыщенные гуминовыми веществами. Прослеживается спорадическое нефтяное загрязнение Петрозаводской губы, что связано с транспортировкой нефти к терминалу, расположенному на ее побережье.

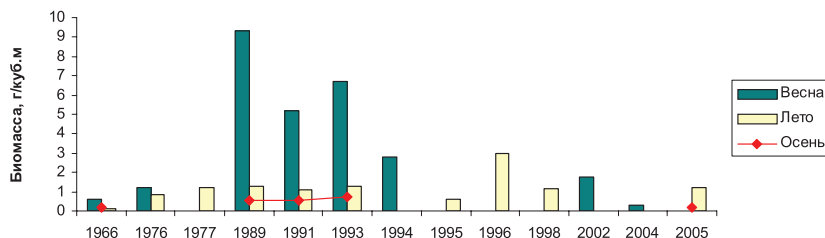
В биоценозе Петрозаводской губы, особенно в донных сообществах, наблюдаются признаки эвтрофирования. В фитоценозах увеличивается доля видов, характерных для эвтрофируемых вод. На фоне диатомовых водорослей в массе развиваются синезеленые, хлорококковые виды. В зоопланктоне уменьшилось количество

каланойд по сравнению с циклопами, увеличилась доля ветвистоусых рачков и коловраток. Бентические сообщества выделяются максимальными для озера величинами численности и биомассы. Преобладающей формой донных сообществ являются олигохеты, численность которых достигает рекордных для озера значений – 33–55 тыс. экз./м² (в районе нефтебазы и городских очистных сооружений), что свидетельствует о сильном органическом загрязнении донных отложений. В составе сообществ зообентоса губы сохраняются реликтовые виды, такие как, *Monoporeia affinis* Lindstr., и даже отмечается высокая биомасса этого вида в центральной части Петрозаводской губы.

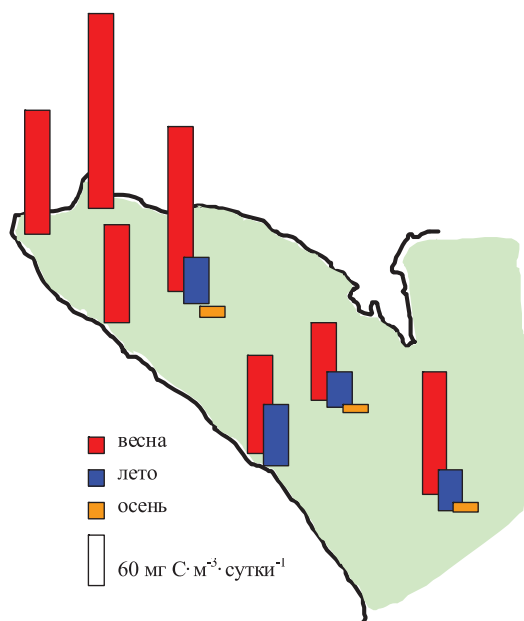
Развитие процессов трансформации Петрозаводской губы сдерживается за счет интенсивного водообмена с центральным районом озера.

В процессе эвтрофирования наблюдаются изменения в структуре альгоценозов, а также сезонные и межгодовые колебания численности и биомассы фитопланктона. Наиболее продуктивным в годичном цикле развития фитопланктона является весенний сезон, что обусловлено интенсивной вегетацией диатомовых водорослей, главным образом *Aulacoseira islandica*.

В летнем фитопланктоне губы возрастает роль видов-показателей повышенного уровня трофии и степени органического загрязнения (сапробности) вод из числа синезеленых, хлорококковых и криптофитовых водорослей. Согласно шкалам определения трофического статуса пресных водоемов и эколого-санитарным классификациям поверхностных вод суши, акваторию Петрозаводской губы в настоящее время по показателям фитопланктона в целом можно отнести к классу вод удовлетворительной чистоты.

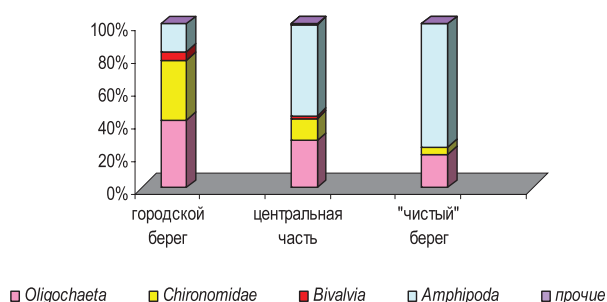


Динамика биомассы фитопланктона в 1966–2005 гг.

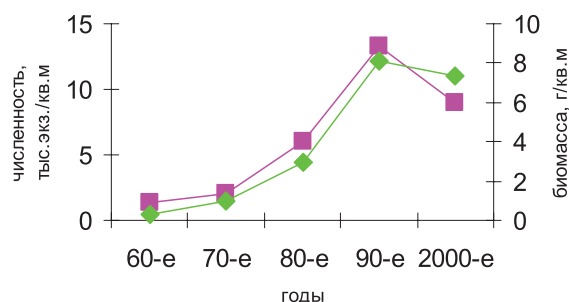


Высокий уровень продукции фитопланктона в Петрозаводской губе имеет место в весенний паводковый период при достижении температуры воды 10 °С. Наибольшими величинами характеризуется внутренняя часть залива, принимающая воды р. Шуи. В этот период повышенными величинами выделяется и участок открытого плеса, граничащий с заливом, так как наличие весеннего термического бара за пределами губы препятствует выносу сточных коммунально-промышленных вод г. Петрозаводска в открытый плес озера.

Средний уровень первичной продукции в поверхностном слое воды в разные сезоны (1989–2005 гг.)



Соотношение основных групп животных в различных районах губы



Изменение численности и биомассы макробентоса за многолетний период

Средние значения численности и биомассы бентоса Петрозаводской губы в последнее десятилетие достигли 7 тыс. экз./м² и 9 г/м². Основные группы донной фауны – олигохеты, хирономиды и амфиподы. Олигохеты в основном концентрируются у городского побережья, а амфиподы обитают в центральной части и у противоположного городского берега. Количество макрозообентоса в губе в настоящее время превышает в 6 раз по численности и почти на порядок по биомассе аналогичные характеристики конца 60-х годов. Максимальными значениями выделяются бентические группировки внешней части губы, находящиеся в зоне влияния городских очистных сооружений – до 9,0 тыс. экз./м² и 19,0 г/м².

Авторы: Т.А. Чекрыжева, Е.В. Теканова, Т.М. Тимакова, М.Т. Сярки, Т.Н. Полякова

ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Бассейн Онежского озера – наиболее обжитая и экономически освоенная часть Республики Карелия. На водосборе проживает большая часть ее населения, при этом доля площади водосбора составляет около четверти территории Карелии. Здесь находится значительная часть промышленных и сельскохозяйственных предприятий, рыбохозяйственные объекты, что определяет достаточно высокую степень антропогенной нагрузки на природную, в том числе и водную, среду.

В данном разделе приводится информация по современному состоянию (2008 г.) и динамике водопотребления и водоотведения, структуре источников водоснабжения и степени очистки сточных вод. Объемы водоотведения и водопотребления вычислялись по промышленным узлам и отдельно по основным гидрографическим районам (за вычетом промузлов), а также по бассейну озера в целом.

В 2008 г. централизованное потребление воды населением и отраслями экономики по бассейну Онежского озера составило 131 млн м³. Из этого объема 36,0 % использовано в коммунальном хозяйстве, 46,4 % – в промышленности (включая собственные хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий), 17,4 % – в рыбном хозяйстве и 0,2 % – в сельском хозяйстве.

Наиболее значительным в бассейне Онежского озера является промышленное водопотребление. Его объем по данным на 2008 г. составил 60,9 млн м³. Индустрия представлена здесь целлюлозно-бумажным производством, переработкой леса, машиностроением и металлообработкой, производством строительных материалов, легкой и пищевой промышленностью, полиграфией. Промышленное водопотребление практически целиком сосредоточено в крупных промузлах (Петрозаводске, Кондопоге, Суоярви).

Начиная с 1989 г. в связи с ухудшающейся социально-экономической обстановкой во всех отраслях индустрии Карелии, как и в целом по стране, наблюдался спад производства. Некоторые отрасли, представленные единственным предприятием, полностью исчезли. Это повлекло за собой резкое падение масштабов промышленного водопотребления. Только после 1999 г. начался некоторый рост объема производства.

Наиболее водоемкая отрасль промышленности – целлюлозно-бумажная; ее доля в промышленном водопотреблении бассейна составляет 90 %. Снижение уровня лесозаготовок и ряд других причин начиная с 1989 г. повлекли за собой сокращение производства и снижение объемов водопотребления. Крупнейшее предприятие Карелии – ОАО «Кондопога» – внесло основной вклад в спад промышленного водопотребления в бассейне Онежского озера. Так, в 1989 г. на его нужды было израсходовано наибольшее количество воды – 68,0 млн м³. После этого водопотребление предприятия стало сокращаться и к 1998 г. достигло минимума – 44,0 млн м³, затем оно снова начало расти и в 2008 г. составило 53,5 млн м³.

Следующим по величине после промышленного является коммунально-бытовое водопотребление. Его объем с 1980 по 1992 г. возрастал, затем стабилизировался и в 2008 г. составил 47,3 млн м³.

Коммунально-бытовое водопотребление зависит от людности населенных пунктов и степени развития коммунального хозяйства. Вследствие этого основные его объемы сосредоточены в наиболее крупных городах бассейна – Петрозаводске, Кондопоге, Суоярви и Медвежьегорске.

Объем сельскохозяйственного водопотребления крайне незначителен и начиная с 1992 г. постоянно снижается. В 2008 г. он составил 0,2 млн м³.

Рыбохозяйственное водопотребление, практически прекратившееся после 1991 г., с 2002 г. начало восстанавливаться и (в связи с ростом товарного рыбоводства) в последнее десятилетие быстро развивается. Его общий объем в 2008 г. составил 22,8 млн м³.

Водоотведение в бассейне в настоящее время формируется коммунально-бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами. Доля каждого вида примерно пропорциональна соответствующему объему водопотребления. В 90-х годах происходило постепенное снижение сбросов, обусловленное, в первую очередь, уменьшением объемов производства (промышленного, сельскохозяйственного, рыбохозяйственного). После 2000 г. объем стоков примерно стабилизировался. В настоящее время в бассейне Онежского озера самостоятельный сброс стоков осуществляют более 80 водопользователей. Общий объем сбросов в бассейне в 2008 г. составляет 131,3 млн м³. Большая часть сточных вод (78,9 %) проходит очистку, 3,1 % сбрасываются загрязненными без очистки, из них 2,2 % попадает в водоемы и 0,9 % – в выгреб и рельеф местности. 18,0 % считаются нормативно чистыми и сбрасываются без очистки.

Основную долю объема сточных вод (77,5 %) дают промышленные узлы Петрозаводск и Кондопога. 15 водопользователей бассейна сбрасывает в водные объекты неочищенные стоки. Наибольший объем неочищенных стоков дают объекты жилищно-коммунального хозяйства: ОАО «Петрозаводские коммунальные системы» (981 тыс. м³), Пудожское ООО «Альфа» (692 тыс. м³) и Медвежьегорское ООО «Водоканал» (558 тыс. м³).



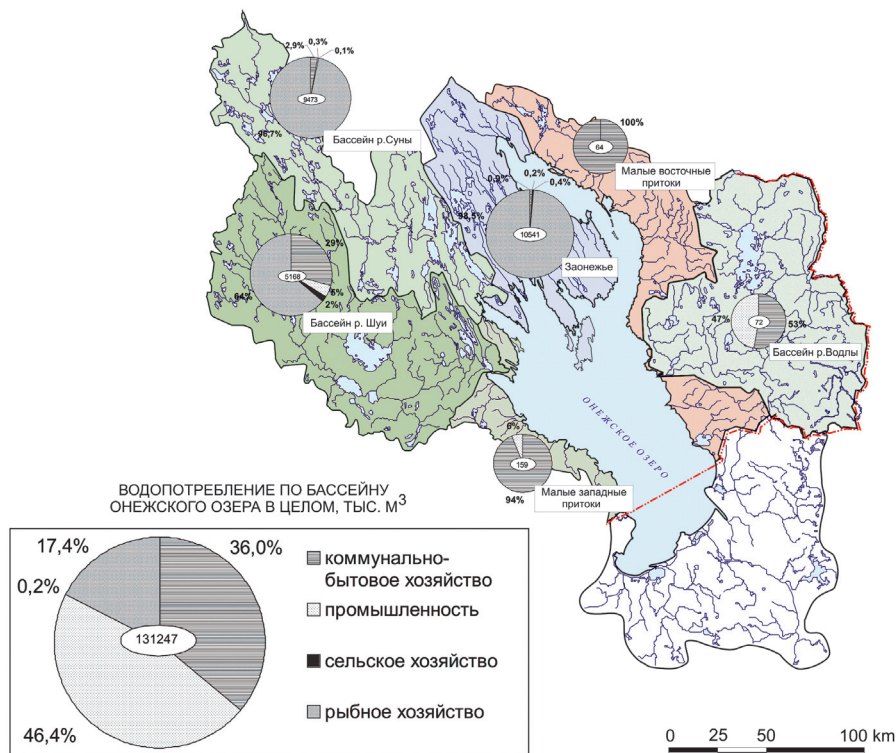


КОС г. Петрозаводска

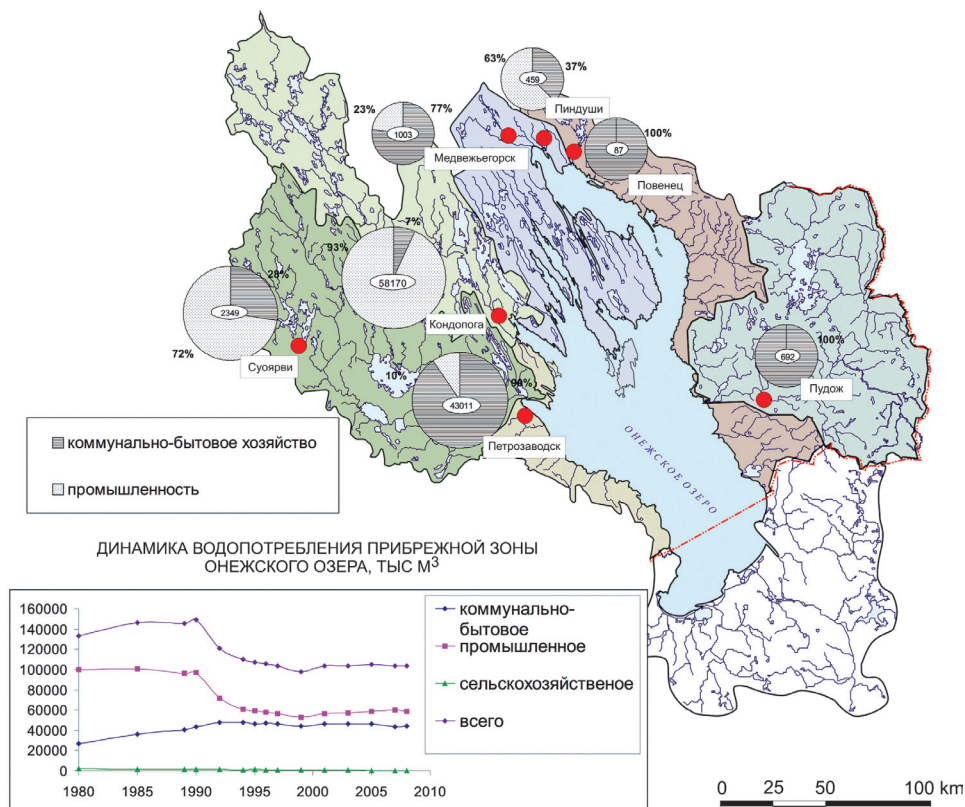


Форелевое хозяйство. Онежское озеро

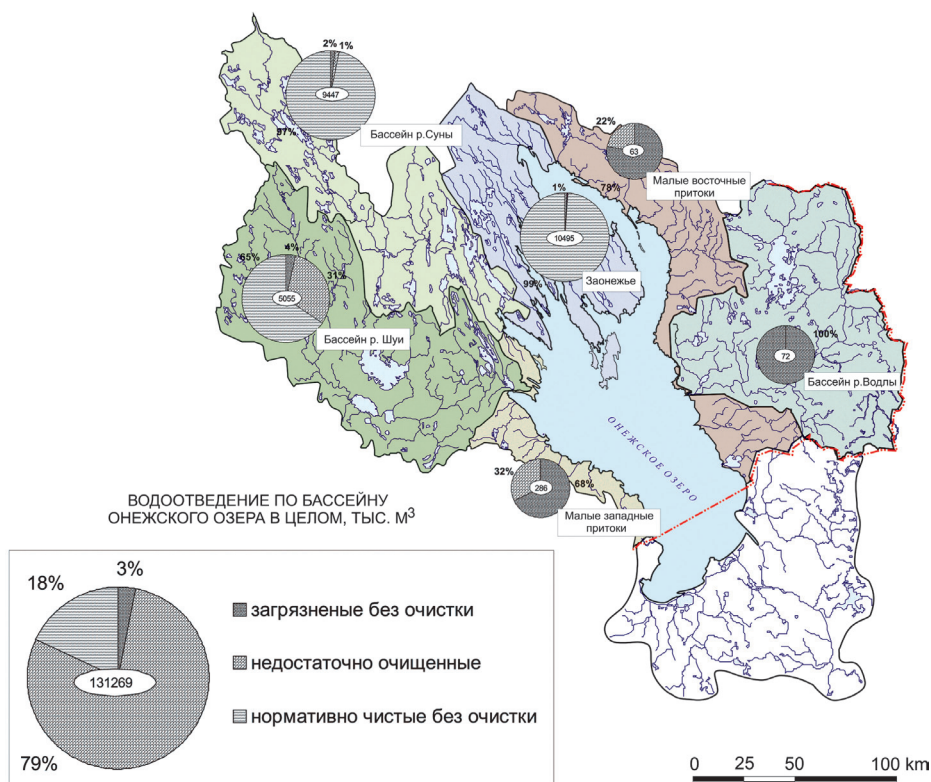
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПО ОСНОВНЫМ ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ РАЙОНАМ (БЕЗ ПРОМУЗЛОВ) – ОБЪЕМ И СТРУКТУРА, тыс. м³



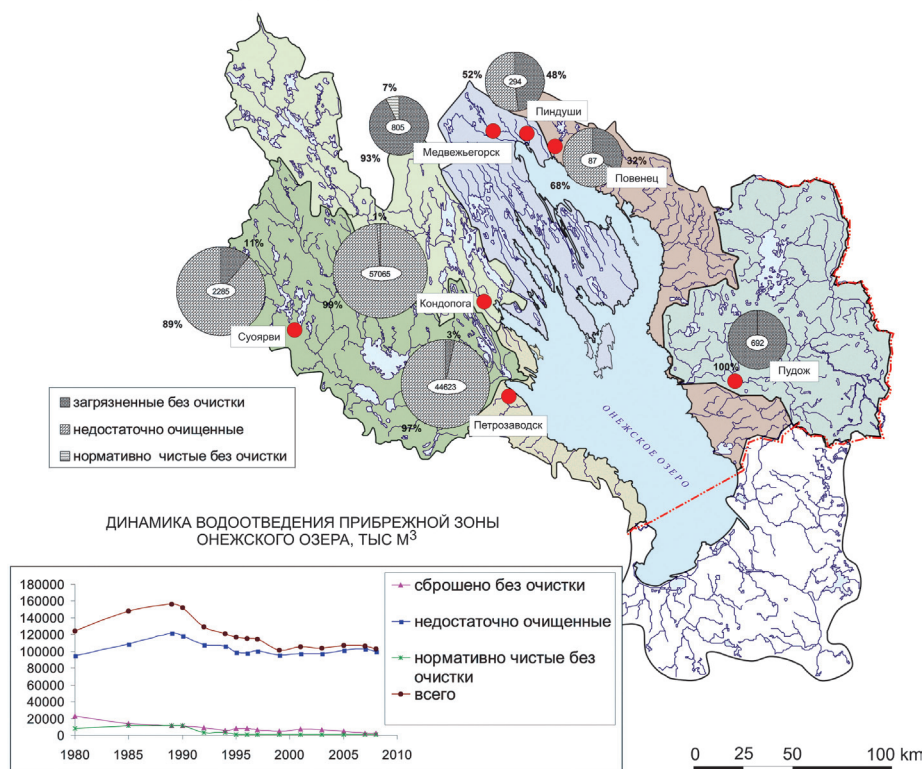
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПО ПРОМЫШЛЕННЫМ УЗЛАМ – ОБЪЕМ И СТРУКТУРА, тыс. м³



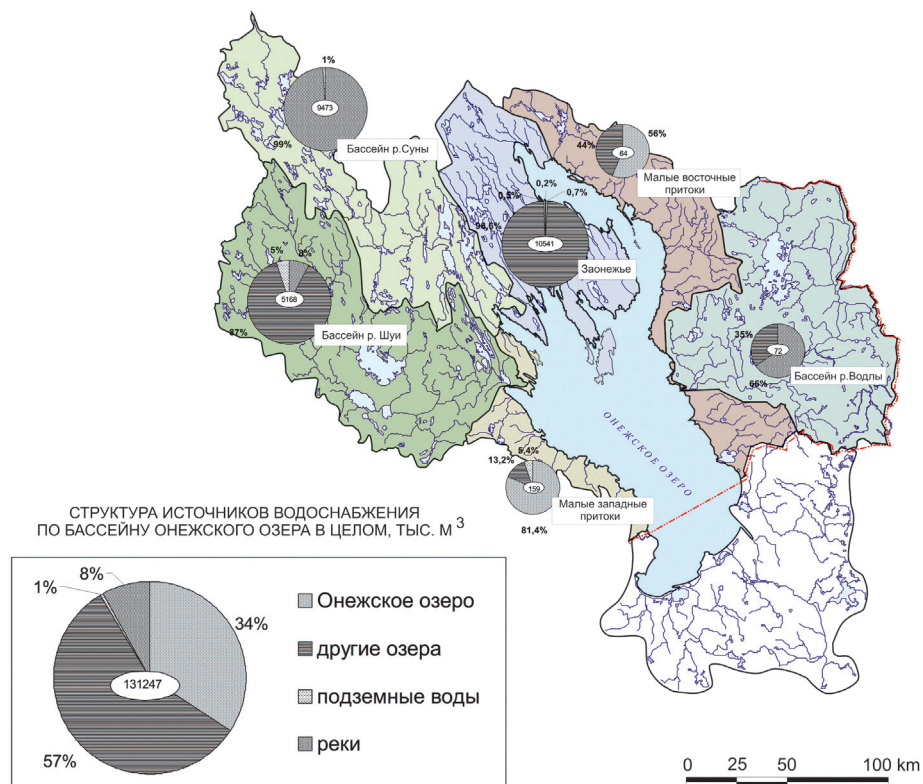
ВОДООТВЕДЕНИЕ ПО ОСНОВНЫМ ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ РАЙОНАМ (БЕЗ ПРОМУЗЛОВ) – ОБЪЕМ И СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ, тыс. м³



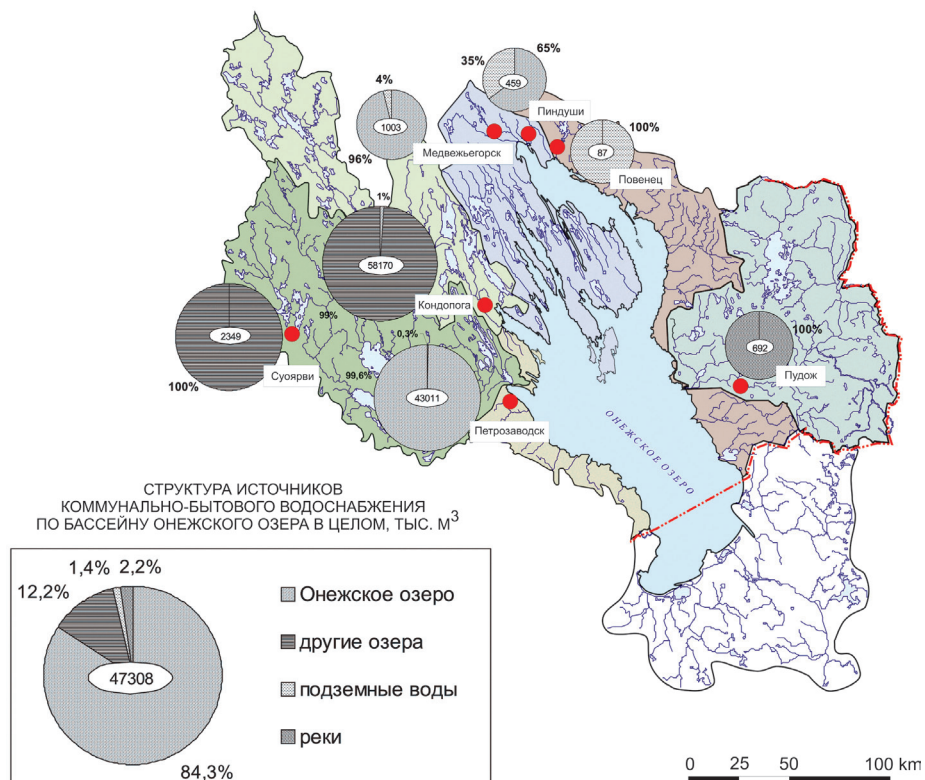
ВОДООТВЕДЕНИЕ ПО ПРОМЫШЛЕННЫМ УЗЛАМ – ОБЪЕМ И СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ, тыс. м³



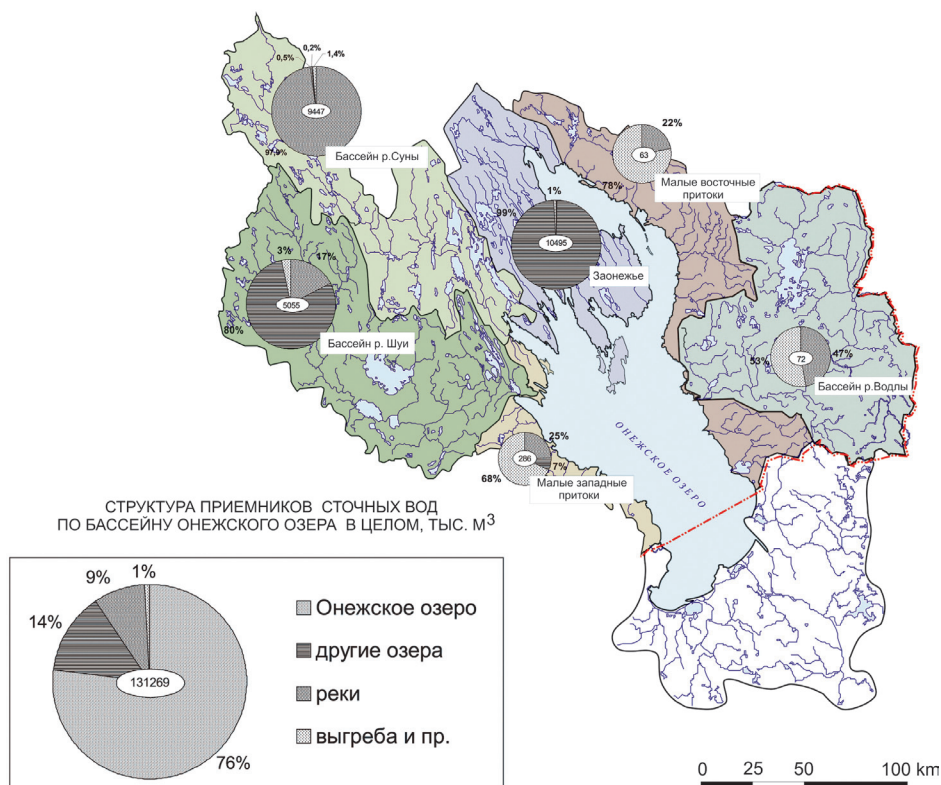
СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО ОСНОВНЫМ ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ РАЙОНАМ (БЕЗ ПРОМУЗЛОВ), тыс. м³



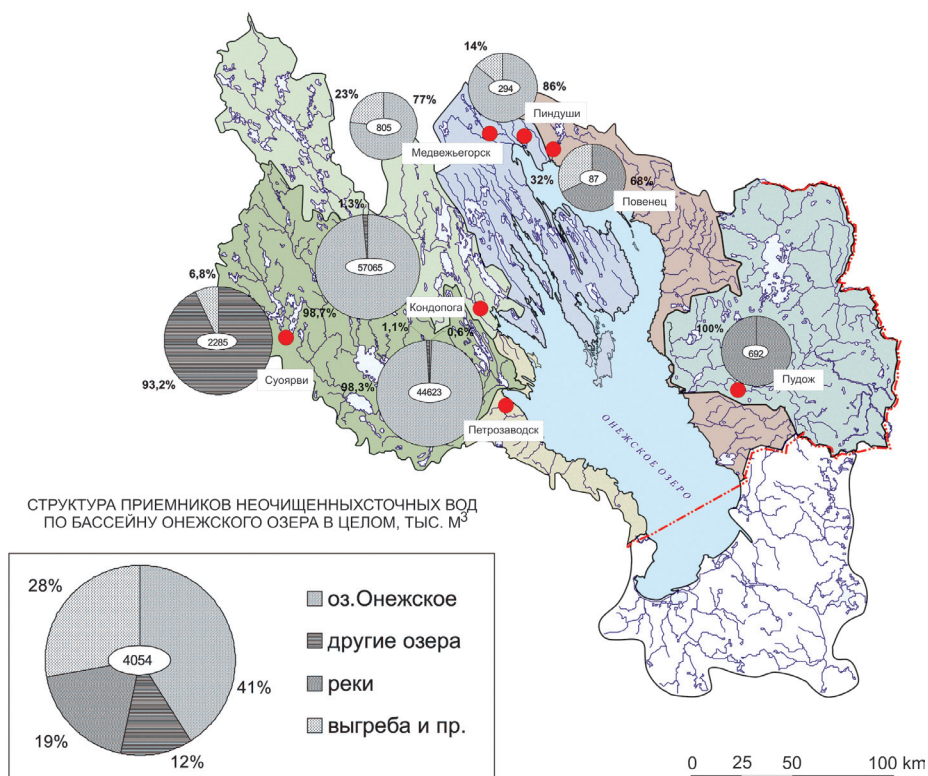
СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО ПРОМЫШЛЕННЫМ УЗЛАМ, тыс. м³



СТРУКТУРА ПРИЕМНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПО ОСНОВНЫМ ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ РАЙОНАМ (БЕЗ ПРОМУЗЛОВ), тыс. м³



СТРУКТУРА ПРИЕМНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПО ПРОМЫШЛЕННЫМ УЗЛАМ, тыс. м³

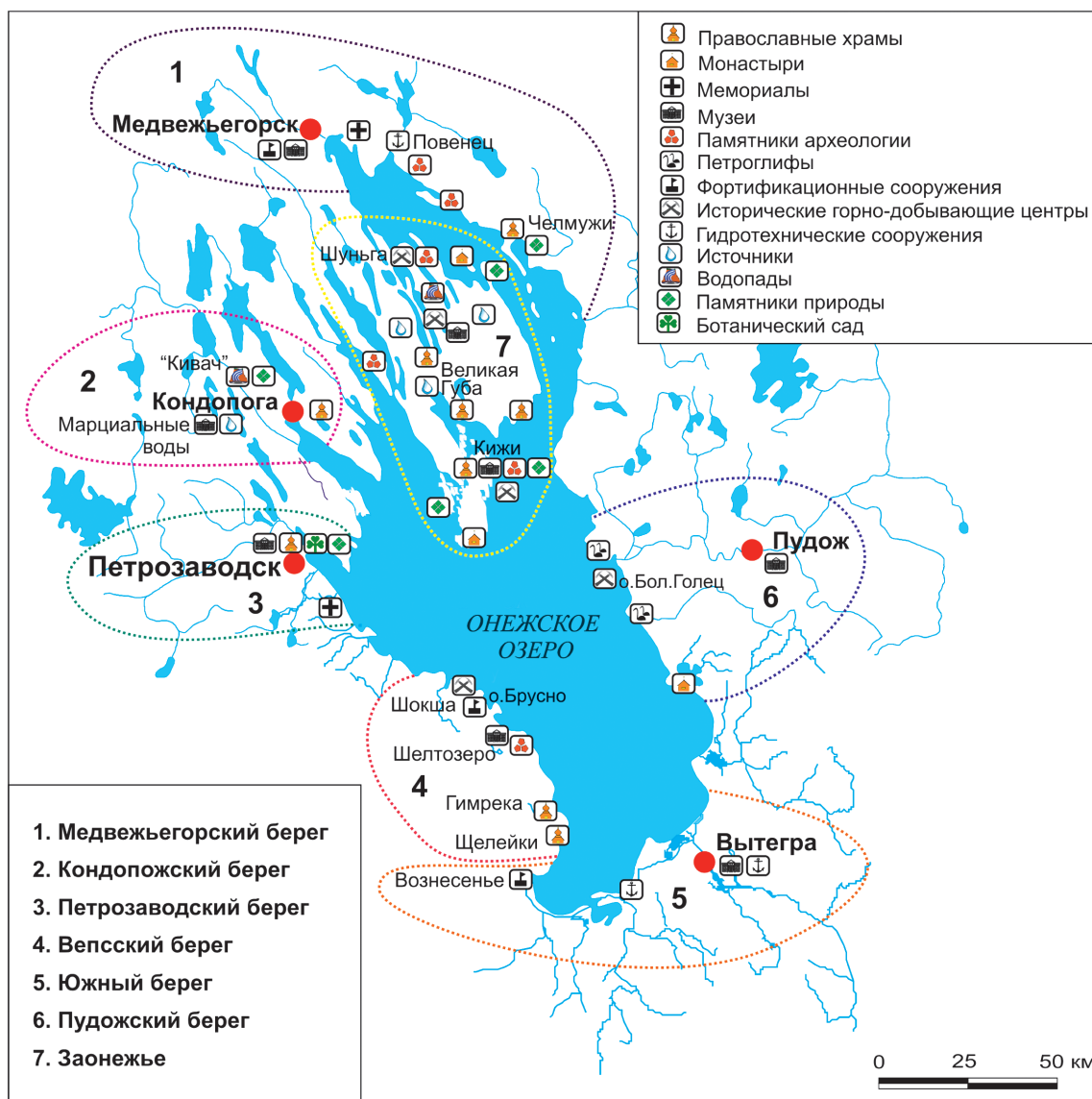


Авторы: А.В. Литвиненко, И.А. Литвинова, М.С. Богданова

ПРИРОДНЫЕ И ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ

ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Территория Республики Карелия уникальна как в природном, так и в историко-культурном плане. Природа и история, ландшафты и исторические памятники слились воедино, сформировав **уникальные историко-культурные и природные территории**, отличающиеся друг от друга по пространственно-площадным, временным и геосистемным показателям. Географическое пространство, насыщенное исторической и природной памятью, становится **объектом наследия**, объектом, который необходимо сохранять в комплексе. Территории наследия с редкими проявлениями, необходимыми человечеству для духовного и социального развития, обозначают как **уникальные территории**. К уникальным территориям, без сомнения, относятся побережья и острова Онежского озера. Основные объекты природного и историко-культурного наследия представлены на картосхеме, на которой выделено семь районов, в каждом из которых природные и историко-культурные памятники рассматривались в комплексе. При составлении схемы был использован опыт картирования историко-культурных объектов, представленный в Национальном Атласе России (Том 4. История. Культура. 2008).



1. МЕДВЕЖЬЕГОРСКИЙ БЕРЕГ – северное побережье Онежского озера

Район древнего заселения, современный транспортный центр. В годы Великой Отечественной войны – место сооружения мощных фортификационных объектов.

- **Челмужская коса** – геологический памятник природы, обнаружены археологические памятники.
- пос. Челмужи. **Богоявленская церковь. 1605 г.**
- **Оровский полуостров** – археологические памятники.
- **Шлюзы Беломорско-Балтийского канала.**
- **Фортификационные сооружения** времен Великой Отечественной войны, г. Медвежьегорск.
- **«Сандармох»** – мемориальный комплекс жертвам сталинских репрессий.

МУЗЕЙ: Медвежьегорский городской музей (г. Медвежьегорск, ул. Дзержинского, 22).



Челмужская коса



Укрепрайон, г. Медвежьегорск

2. КОНДОПОЖСКИЙ БЕРЕГ – окрестности г. Кондопоги

Территория появления первого российского курорта, первой карельской гидроэлектростанции, первого заповедника в Карелии. Коренное население – карелы-людики и русские. Индустриальный центр.

- **Государственный природный заповедник «Кивач»** – один из старейших заповедников России, был создан в 1931 г. На территории заповедника площадью 10 880 га зарегистрировано 48 видов млекопитающих, 197 видов птиц, 3 вида рептилий и 5 видов земноводных, 18 видов рыб, около 569 видов сосудистых растений. Здесь постоянно ведутся работы по изучению природных комплексов Карелии. На территории заповедника расположен второй по величине равнинный водопад Европы – **водопад Кивач**, высотой около 11 м.
- **Марциальные Воды** – первый российский курорт, основанный еще Петром I в 1719 г. на базе железистых минеральных источников. В настоящее время на базе санатория находятся **лечебные источники, дом-музей** (1830 г.), **церковь апостола Петра** (XVIII в.) с иконостасом Петровского времени.
- г. Кондопога. **Успенская церковь. 1774 г.**

МУЗЕЙ: Кондопожский городской краеведческий музей (г. Кондопога, ул. Пролетарская, 13).



Водопад Кивач



Успенская церковь. 1774 г.

3. ПЕТРОЗАВОДСКИЙ БЕРЕГ – Петрозаводская губа Онежского озера, окрестности г. Петрозаводска

Индустриальный район онежского побережья с природными объектами.

- **Ландшафтный заказник «Заозерский»** создан с целью сохранения ландшафтов живописных окрестностей Петрозаводска. Площадь 2710 га. К границе заказника примыкает геологический памятник природы «**Чёртов стул**» и **Ботанический сад ПетрГУ**.
- **Сретенская церковь**. Соломенное.
- «**Красный Бор**» – мемориальное кладбище жертв репрессий.

МУЗЕИ: Карельский государственный краеведческий музей (адрес: г. Петрозаводск, пл. Ленина, 1); Музей изобразительных искусств (адрес: г. Петрозаводск, пр. К. Маркса, 8); Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник «Кижи» (г. Петрозаводск, пл. Кирова, 10а; Неглинская наб., 23).



Сретенская церковь

4. ВЕПССКИЙ БЕРЕГ – юго-западное побережье Онежского озера

Ареал проживания этнической группы северных вепсов в пределах Республики Карелия.

Церкви:

- д. Щелейки. **Дмитриевская церковь. 1783 г.**
- д. Гимрека. **Богородицкая церковь. 1695 г.**
- д. Вехручей. **Церковь Рождества Христова.** Освящена в 1914 г., закрыта в 1931 г.

Горные выработки:

- **Шокшинский малиновый кварцит** в пос. Кварцитный и о. Брусно.
- **Фортификационные сооружения** времен Великой Отечественной войны – Шелтозерская губа.

МУЗЕЙ: Шелтозерский вепсский этнографический музей (Прионежский район, с. Шелтозеро, ул. Почтовая, 2).



Шелтозерский музей



Шокшинский малиновый кварцит

5. ЮЖНЫЙ БЕРЕГ

Район исторически развитого водного транспорта. Территория активных военных действий периода Великой Отечественной войны. Коренное население – вепсы и русские.

- Онежский обводный канал.
- Волго-Балтийская (Мариинская) система.
- «Андомская гора» – геологический памятник природы (разрез девонских отложений).
- Фортификационные сооружения времен Великой Отечественной войны, Вознесенье.

МУЗЕЙ: Вытегорский краеведческий музей (162900, Вологодская обл., Вытегра, ул. Советская, 1).



Андомская гора

6. ПУДОЖСКИЙ БЕРЕГ – юго-восточное побережье Онежского озера

Район древнего заселения. Часть ареала русских Пудожского края.



Муромский монастырь

• *Ландшафтный заказник «Муромский»* образован в 1986 г. с целью сохранения типичных и уникальных природных комплексов и объектов, памятников истории и культуры юго-восточного побережья Онежского озера. Общая площадь заказника составляет 32 600 га. Его территория протянулась вдоль побережья Онеги на 30 км, ширина полосы около 6 км. Основными достопримечательностями заказника являются:

- золотые формы рельефа – *дюны*,
- *реликтовые береговые валы Онежского озера*,
- *озеро Муромское*,
- *Муромская водно-болотная система*,
- *Муромский Свято-Успенский мужской монастырь*,
- *Онежские петроглифы* на мысах Бесов Нос, Пери Нос, Кладовец и островах Большой Гурий и Большой Голец (Линевский А. М.; Савватеев, 2007; Лобанова Н. В.).

МУЗЕЙ: Пудожский историко-географический музей имени А.Ф. Кораблева (г. Пудож, ул. К. Маркса, 43).



Дюны



Скальный мыс



Ландшафты заказника

7. ЗАОНЕЖСКИЙ ПОЛУОСТРОВ И КИЖСКИЙ АРХИПЕЛАГ

С этнографической точки зрения Заонежье – это территория расселения локальной этнической группы населения, называемой «русские Заонежья», или «заонежане». Эта группа, являющаяся потомками новгородцев и псковичей, отличается от других групп русского этноса культурными традициями, особенностями природопользования, своеобразным говором.

Государственный историко-архитектурный и этнографический **музей-заповедник «Кижь»** объединил на острове Кижь 68 памятников архитектуры. Жемчужиной острова, несомненно, является ансамбль Кижского погоста. В его составе: церковь Преображения Господня, увенчанная двадцатью двумя главами (1714 г.), церковь Покрова Пресвятой Богородицы с девятью главками (2-я половина XVIII в.), колокольня, бревенчатая ограда на каменном основании. В 1990 г. ансамбль Кижского погоста был включен в Список Всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО.

Деревянное зодчество Заонежья (часовни и церкви):

- д. Усть-Яндома. **Часовня Георгия Победоносца**. XVII–XVIII вв.
- д. Тамбицы, **часовня Николая Чудотворца**.
- д. Яндомозеро. **Варваринская церковь**. 1650 г.
- д. Космозеро. **Успенская церковь**. 1720 г.
- д. Поля. **Ильинская церковь**. XVIII в.
- д. Вегорукса. **Церковь Николая Чудотворца**.
- д. Вороний Остров. **Часовня Усекновения Главы Иоанна Предтечи**. Середина XIX в.
- д. Кефтеницы. **Часовня Св. Георгия**. XVII в.
- д. Паяницы – Бережная. **Часовня Михаила Архангела**.
- д. Селецкая. **Часовня Св. Троицы и Дмитрия Солунского**. 1753 г.

Монастыри: **Клименецкий Свято-Троицкий, Палеостровский Рождественский**.

Археологические памятники: **Пегремский некрополь, Возжмариха**.

Источники «Соляная яма», «Три Ивана», «Царицыны ключи».

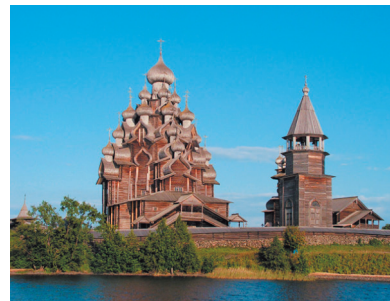
Водопад **Гор-Мельница**.

Памятники природы: **Клим-Гора, Мыс Радколье**.

Горные выработки: **Остров Южный Олений** (барит, известняк), **Фоймогуба** (медь).

Шунгиты Заонежья: **Шунгский разрез и о. Березовец**.

МУЗЕИ: Фоймогубский музей и картинная галерея (Медвежьегорский район, д. Фоймогуба)



Кижский погост



Церковь Николая Чудотворца.
Вегорукса



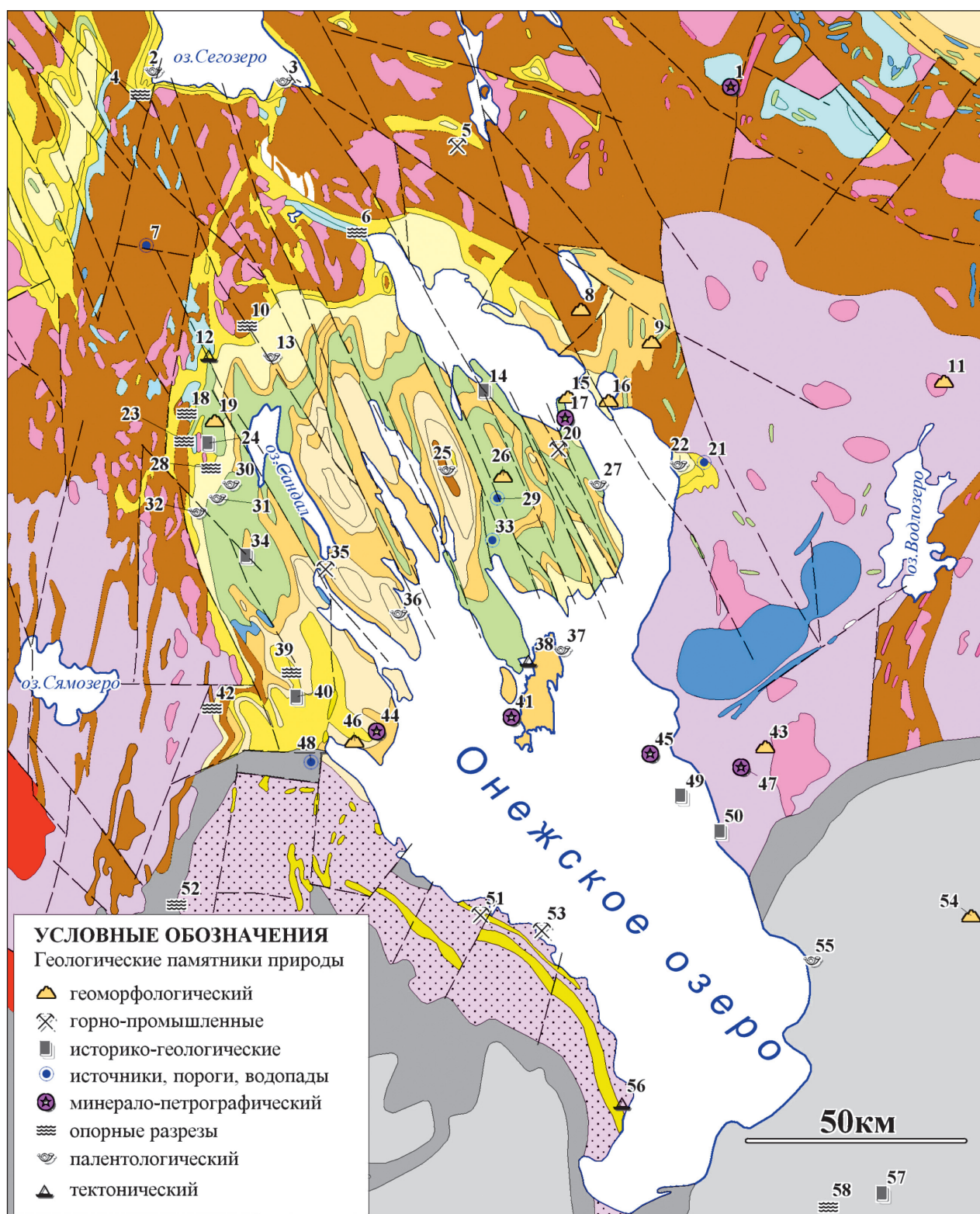
Напольные печи для обжига
известняка. О. Южный Олений



Штольня XVII в. Фоймогуба

Авторы: С.Б. Потахин, М.С. Богданова

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ



Авторы: В.В. Макарихин, Д.В. Рычанчик, А.К. Полин (ИГ КарНЦ РАН)

ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ

нпп	Название	Тип памятника
1	Кумбукса	минерало-петрографический
2	Северинсаари	палеонтологический
3	Дюльмек	палеонтологический
4	Гормозерка	опорные разрезы
5	Ванжозеро	горнопромышленный
6	Медвежьегорск	опорные разрезы
7	Талое	источники, пороги, водопады
8	Волозеро	геоморфологический
9	Немино	геоморфологический
10	Кинтсиниеми	опорные разрезы
11	Илекса	геоморфологический
12	Шитолампи	тектонический
13	Лижмозеро	палеонтологический
14	Шуньга	историко-геологический
15	Клим Нос	геоморфологический
16	Челмужская коса	геоморфологический
17	Лебещина	минерало-петрографический
18	Яниш	опорные разрезы
19	Пионерный	геоморфологический
20	Максово, Загоино	горнопромышленный
21	Пяльма 2	источники
22	Пяльма 1	палеонтологический
23	Койкары	опорные разрезы
24	Суна	историко-геологический
25	Мунозеро	палеонтологический
26	Зимняя	геоморфологический
27	Лисицино	палеонтологический
28	Красная Речка, Бригун-Наволот	опорные разрезы
29	Три Ивана	источники, пороги, водопады
30	Лебединый	палеонтологический
31	Райгуба	палеонтологический
32	Пялозеро, Пялозерская Луда	палеонтологический
33	Соляная Яма	источники, пороги, водопады
34	Надежда	историко-геологический
35	Нигозеро	горнопромышленный
36	Бол. Гангозеро, Монастырский	палеонтологический
37	Южный Олений Остров	палеонтологический
38	Радколье	тектонический
39	Шуйская Чупа	опорные разрезы
40	Укшозеро	историко-геологический
41	Березовец	минерало-петрографический
42	Бесовец	опорные разрезы
43	Бочилово	геоморфологический
44	Ялгуба	геоморфологический
45	Басилисин	минерало-петрографический
46	Чертов Стул	геоморфологический
47	Кашино	минерало-петрографический
48	Трудовые Резервы, Фонтаны	источники, пороги, водопады
49	Большой Голец	историко-геологический
50	Бесов Нос	историко-геологический
51	Шокша	горнопромышленный
52	Важинка	опорные разрезы
53	Брусно	горнопромышленный
54	Атлека	геоморфологический
55	Ольково, г. Андома	палеонтологический
56	Щелейки	тектонический
57	Девятинский перекоп	историко-геологический
58	р. Тагажма	опорные разрезы

Автор: В.В. Макарихин, Д.В. Рычанчик, А.К. Полин (ИГ КарНЦ РАН)

**ВИДЫ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ, ПРИУРОЧЕННЫЕ К ОНЕЖСКОМУ ОЗЕРУ,
ЗАНЕСЕННЫЕ В КРАСНУЮ КНИГУ И ПОДЛЕЖАЩИЕ ОХРАНЕ. (КРАСНАЯ КНИГА
РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ, 2007)**



Редкие и нуждающиеся в охране виды, подвиды и экологические формы рыб Онежского озера занесены в «Красную книгу Республики Карелия» (2007). Пресноводный лосось, кумжа и обыкновенный подкаменщик включены в Красную книгу Российской Федерации (2001). В результате природоохранных и рыборазводных мероприятий популяция лосося реки Шуи выведена из Красной книги (Приказ Министерства природных ресурсов РФ № 635 от 09.09.2004).

Озерный лосось

Растения		Категория
Каулиния гибкая	<i>Caulinia flexilis</i> Willd.	1
Рдест маленький	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	1
Рдест Фриса	<i>P. friesii</i> Rupr.	3
Уруть мутовчатая	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	4
Лобелия Дортмана	<i>Lobelia dortmanna</i> L.	3
Полушник озерный	<i>Isoetes lacustris</i> L.	3
Полушник колючеспоровый	<i>I. echinospora</i> Durieu	3
Шелковник грязный	<i>Batrachium eradicatum</i> (Laest.) Fries	3
Шелковник волосистостлистый	<i>B. trichophyllum</i> (Chaix) Bosch	
Омежник водный	<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	3
Беспозвоночные		
Жемчужница европейская	<i>Margaritifera margaritifera</i> L.	1
Бокоплав панцирный	<i>Gammaracanthus (Relictocanthus) lacustris</i> Sars	1
Млекопитающие		
Выдра	<i>Lutra lutra</i> L.	3
Птицы		
Луток	<i>Mergus albellus</i> (L.)	3
Скопа	<i>Pandion haliaetus</i> (L.)	3
Орлан-белохвост	<i>Haliaeetus albicilla</i> (L.)	2
Клуша	<i>Larus fuscus</i> L.	3
Оляпка	<i>Cinclus cinclus</i> (L.)	3
Тундряной лебедь	<i>Cygnus bewickii</i> Yarr	3
Белоногая гагара	<i>Gavia adamsii</i> (Gray.)	3
Краснозобая гагара	<i>G. stellata</i> (Pontopp.)	3
Рыбы		
Стерлядь	<i>Acipenser sturio</i> L.	1
Озерный лосось	<i>Salmo salar m. sebago</i> (Girard)	3
Кумжа	<i>Salmo trutta</i> L.	3
Сиг	<i>Coregonus lavaretus</i> L.	2
Краснопёрка	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.)	3
Чехонь	<i>Pelecus cultratus</i> (L.)	2
Сом	<i>Silurus glanis</i> L.	2
Пестроногий подкаменщик	<i>Cottus poecilopus</i> Heckel	1

Категории

1 – виды, находящиеся под угрозой исчезновения. К этой категории относятся таксоны, численность особей которых уменьшилась до критического уровня или число местонахождений которых резко сократилось.

2 – уязвимые виды. К этой категории относятся таксоны, у которых численность уменьшается вследствие чрезмерного использования, значительных нарушений местообитания или других изменений среды.

3 – редкие виды. Таксоны, представленные небольшими популяциями, которые в настоящее время не находятся под угрозой исчезновения и не являются уязвимыми, но рискуют оказаться таковыми.

В современных условиях в Онежском озере обитают 2 вида сиговых рыб: европейская ряпушка *C. albula*, представленная двумя экологическими формами (мелкая – ряпушка и крупная – килец), и европейский сиг *C. lavaretus* (Linnaeus, 1758), представленный в озере несколькими формами, которые можно объединить в три группы: малотычинковые, среднетычинковые и многотычинковые сики. Некоторые формы сигов включены в «Красную книгу Республики Карелия» (2007). Говоря об угрозе исчезновения, следует помнить о том, что только снижение численности сигов является результатом антропогенного воздействия, остальные из перечисленных видов рыб всегда были редки на акватории Онежского (по крайней мере, последние 150 лет) и встреча с ними носила случайный характер.



Выдра



Орлан-белохвост



Скопа
Гнездится по берегам и
питается рыбой



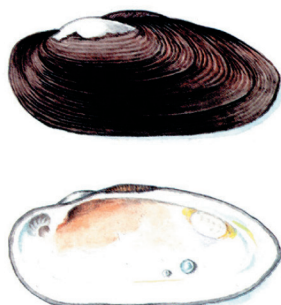
**Оляпка – индикатор
чистоты рек, впадающих
в озеро**



Озерная форель (кумжа)



Сом



Жемчужница европейская



**Бокоплав панцирный –
редкий реликтовый рачок**

Иллюстрации А.М. Макарова
Автор: М.Т. Сярки

Литература

- Александров Б.М. Об изучении состава донной фауны Онежского озера // Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера. Вып. 3. Петрозаводск, 1969. С. 37–39.
- Александрова Д.Н. Численность и биомасса бактерий в воде и донных отложениях литоральной зоны Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975. С. 183–189.
- Алимов А.Ф., Финогенова Н.П., Балушкина Е.В. и др. Продуктивность бентоса // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. Л., 1982. С. 170–198.
- Археологические памятники Карелии. Каталог. Научно-справочное издание / Отв. ред. С. И. Кочкуркина. Петрозаводск, 2007.
- Атлас Карельской АССР. ГУГК. М., 1989.
- Атлас СССР. М., 1984.
- Белецкий Д.В., Демин Ю.Л., Филатов Н.Н. Комплексные исследования гидрофизических полей Онежского озера как имитационной модели океана // Известия АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана. 1991. Т. 27, № 10.
- Бергштрессер К.Ф. Опыт описания Олонецкой губернии. СПб., 1838.
- Березина Н.А., Панов В.Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоологический журнал. 2003. Т. 82, № 6. С. 731–734.
- Биоресурсы Онежского озера / Отв. ред. В.И. Кухарев, А.А. Лукин. Петрозаводск, 2008. 272 с.
- Бискэ Г.С., Лак Г.Ц., Лукашев А.Д. и др. Строение и история котловины Онежского озера. Петрозаводск, 1971. 75 с.
- Бояринов П.М., Петров М.П. Процессы формирования термического режима глубоких пресноводных водоемов. Л., 1991. 175 с.
- Бояринов П.М., Руднев С.Ф. Инструментальные исследования течений // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 53–71.
- Васильева Е.П. Донные отложения // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 147–174.
- Вислянская И.Г. Фитопланктон // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 183–192.
- Гамель И.Х. Англичане в России в XVI–XVII столетиях // Зап. Ан. 1865. Т. 8, № 1.
- Гельмерсен Г.П. Геологические исследования Олонецкого горного округа с 1856 по 1859 г.г. // Горный журнал. Ч. IV. СПб., 1860.
- Геологические памятники природы Карелии / Авторы-составители В.В. Макарихин, П.В. Медведев, Д.В. Рычанчик. Петрозаводск, 2006. 192 с.
- Давыдова Н.Н. Комплексы диатомей в донных отложениях Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 130–191.
- Дашков В.А. Описание Олонецкой губернии в историческом, статистическом и этнографическом отношениях // ЖМВД. 1841. Ч. 42. № 11, 12.
- Демидов И.Н. Строение ленточных глин и особенности дегляциации Центральной Карелии // Вопросы геологии докембрия Карелии. Петрозаводск, 1993. С. 127–151.
- Дриженко Ф.К. Гидрологическое описание Онежского озера // Изв. РГО. СПб., 1895. Т. 31.
- Ефремова Т.В. Физико-географическая характеристика озера // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 5–11.
- Заповедники Карелии. М., 1989. 175 с.
- Изотова А. Ф. Турбулентный тепло- и влагообмен больших озер. Л., 1982. 144 с.
- Иностранцев А.А. Геологический очерк Повенецкого уезда Олонецкой губернии и его рудных месторождений // Материалы для геологии России. Т. 7. СПб., 1877. 728 с.
- История Гидрографической службы Российского флота. Т. 1. СПб., 1997. 634 с.
- История Карелии в документах / Под ред. И. Черняковой и К. Катаяла. Т. III. Петрозаводск; Йоэнсуу, 1993. 510 с.
- История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Отв. ред. Д.Д. Квасов, Г.Г. Мартинсон, А.В. Раукас. Л., 1990. 280 с.
- Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н.Н. Филатова, А.В. Литвиненко. Петрозаводск, 2001. 290 с.
- Квасов Д.Д., Амантов А.В. Возникновение озерной котловины // История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки. Л., 1990. С. 80–82.
- Колодочка А.А. Профильная формализация процессов тепло- и массопереноса в крупных озерах // Водные ресурсы. 2003. Т. 30, № 1. С. 40–48.
- Колотило Л.Г. Федор Кириллович Дриженко // РГА ВМФ, ф. 404, оп. 1, д. 2880, л. 1–34 (СПб., 1997. 124 с.)
- Кордт В. Материалы по истории русской картографии. Вып. 1. Карты всей России и южных ее областей до половины XVII века. Киев, 1899.

- Красная книга Республики Карелия / Ред. Э.В. Ивантер, О.Л. Кузнецов. Петрозаводск, 2007. 368 с.
- Куликова Т.П. Онежское озеро. Характеристика биоценозов. Зоопланктон // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск, 1998. С. 61–64.
- Лавренев И.В. Уточнение разрядности Онежского озера по сезонам навигационного времени: Отчет о разработке нормативной документации. СПб., 2006. 57 с.
- Ладожское озеро. Атлас / Ред. В.А. Румянцев. СПб., 2002. 129 с.
- Лебедев Г.С. Археологические памятники Ленинградской области. Л., 1977. 231 с.
- Лимнологические исследования в заливе Онежского озера Большое Онего. Л., 1982.
- Линевский А.М. Петроглифы Карелии. Ч. 1. Петрозаводск, 1939.
- Лифшиц В.Х., Бояринов П.М., Петров М.П., Титов В.С. Натурные исследования и моделирование горизонтального и вертикального переноса в крупном озере // Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах. Л., 1984. С. 173–190.
- Лобанова Н.В. Тайны петроглифов Карелии. Петрозаводск, 2005.
- Лоция Онежского озера. ГУНиО МО. СПб., 1999. 166 с.
- Малинина Т.И., Солнцева Н.О. Сейши Онежского озера // Динамика водных масс Онежского озера. Л., 1972. С. 40–73.
- Мезолит СССР. Археология СССР. М., 1989. 351 с.
- Молчанов И.В., Былинкина В.Н., Викулина З.А., Горшунова Т.А. Онежское озеро. Л., 1946. 207 с.
- Науменко М.А. Новое определение морфометрических характеристик Ладожского озера // ДАН. Т. 345. № 4. С. 514–517.
- Национальный атлас России. В 4-х томах. Т. 4. История. Культура. М., 2008. 495 с. <http://www.national-atlas.ru>.
- Николаев И.И. Сравнительно-лимнологическая характеристика зоопланктона Онежского озера // Зоопланктон Онежского озера. Л., 1972. С. 283–303.
- Озерецковский Н.Я. Путешествие по озерам Ладожскому и Онежскому. СПб., 1792.
- Онежское озеро. Экологические проблемы / Отв. ред. Н.Н. Филатов. Петрозаводск, 1999. 293 с.
- Охлопкова А.Н. Течения Онежского озера // Динамика водных масс Онежского озера. Л., 1972. С. 74–113.
- Палеолимнология Онежского озера / Ред. Г.Г. Мартинсон, Н.Н. Давыдова. Л., 1976. 202 с.
- Петрова Н.А. Фитопланктон Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л., 1971. С. 88–127.
- Пирожкова Г.П. Гидрохимический режим озера и его изменение под влиянием антропогенного воздействия // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 95–146.
- Попченко В.И., Александров Б.М. Донная фауна Онежского озера и ее биоценозы // Пресноводные гидробионты и их биология. Л., 1983. С. 102–106.
- Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера. Вып. 1–4. Петрозаводск, 1965–1969.
- Распопов И.М. Макрофиты Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л., 1971. С. 21–87.
- Распопов И.М. Высшая водная растительность литоральной зоны Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975. С. 103–123.
- Растительный мир Онежского озера. Л., 1971. С. 88–127.
- Руховец Л.А., Филатов Н.Н., Терзевик А.Ю. и др. Онежское озеро сегодня и завтра: опыт математического моделирования // Водные ресурсы Европейского Севера России. Петрозаводск, 2006. С. 127–154.
- Рыбаков Б.А. Русские карты Московии XV – начала XVI века. М., 1974. 112 с.
- Сабылина А.В. Современный гидрохимический режим озера // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск, 1999. С. 58–108.
- Савватеев Ю.А. Вечные письмена (на скальные изображения Карелии). Петрозаводск, 2007.
- Семенович Н.И. Донные отложения Онежского озера. Л., 1973. 104 с.
- Слепухина Т.Д. Зообентос литорали Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975. С. 169–182.
- Советов С.А. Беломорско-Онежский водный путь и исследование Онежского, Ладожского и других водных путей северо-западной части Европейской России // Зап. по гидрографии. 1919. Т. II (XLIII), вып. 1. С. 141–153.
- Соловьева Н.Ф., Расплетина Г.Ф. Гидрохимия притоков Онежского озера и элементы его химического баланса // Гидрохимия Онежского озера и его притоков. Л., 1973. С. 3–129.
- Стабровский Н. Описание вновь сооруженного Онежского канала // Журн. Главного Управления путей сообщения. Т. XX. СПб., 1854.
- Суббето Д.А. Общая характеристика донных отложений // История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки. Л., 1990. С. 89–92.
- Тепловой режим Онежского озера. Л., 1973. 327 с.
- Тимакова Т.М. Онежское озеро. Бактериопланктон // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск, 1998. С. 54–57.

- Титов В.С. Математическое моделирование течений озера в период гомотермии // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 71–85.
- Тихомиров А.И. Температура воды, теплозапасы, тепловой баланс и термический режим Онежского озера // Тепловой режим Онежского озера. Л., 1973. С. 202–323.
- Толмачев В.А. Работы в Кондопожской губе летом 1927 г. // Изв. ГГИ. 1928. № 21. С. 142–144.
- Филатов Н.Н. Гидродинамика озер. СПб., 1991. 191 с.
- Филатов Н.Н. Изменения климата Восточной Фенноскандии и уровня крупнейших озер Европы. Петрозаводск, 1997. 148 с.
- Филатов Н.Н., Белецкий Д.В., Зайцев Л.В. Изменчивость гидрофизических полей Онежского озера. Петрозаводск, 1990а. 114 с.
- Филатов Н.Н. и др. Эксперимент «Онего-89». Препринт доклада Кар. фил. АН СССР. Петрозаводск, 1990б.
- Форш-Меншуткина Т.Б., Шерман Э.Э., Ульянова Д.З. Гидрохимия Онежского озера и его притоков. Л., 1973. С. 130–238.
- Фус В. Определение географических координат Петрозаводска, Повенца и Сумского посада // Зап. по гидрографии. Вып. I. СПб., 1887. С. 12–22.
- Хомутова В.И. Геохронология донных отложений по результатам палинологического анализа // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 45–73.
- Хохлова Т.Ю., Антипин В.К., Токарев П.Н. Особо охраняемые природные территории Карелии (2-е изд., дополненное). Петрозаводск, 2000. 312 с.
- Циммерман Н. Военно-статистическое обозрение Российской Империи. Т. 11, ч. 2. СПб., 1853.
- Черняева Ф.А. Морфометрическая характеристика Онежского озера // Тепловой режим Онежского озера. Л., 1973. С. 7–24.
- Чехин Л.П., Умнова Л.П. Утилизация солнечной энергии фитопланктоном // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. Л., 1982. С. 93–96.
- Швец П.Д. Гидрологическая изученность Онежского озера и его бассейна // Исследования режима и расчеты водного баланса озер-водохранилищ Карелии. Вып. II. 1977. С. 3–24.
- Шерман Э.Э., Ульянова Д.З. Органическое вещество и биогенные элементы в водах Онежского озера // Гидрохимия Онежского озера и его притоков. Л., 1973. С. 175–200.
- Шидловский А.Ф. Онего-Беломорский водный путь // Известия общества изучения Олонецкой губернии. СПб., 1915.
- Шольц Н. Географические координаты некоторых пунктов Онежского озера по наблюдениям капитан-лейтенанта Елагина // Зап. по гидрографии. Вып. II. СПб. С. 8–23.
- Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения / Под ред. З.С. Кауфмана. Л., 1990. 264 с.
- Ladoga and Onego – Great European lakes: Observations and Modeling / Ed. L. Rukhovets, N. Filatov. Springer, 2010. 302 p.
- Saarnisto M., Gronland T., Ekman I. Lateglacial of Lake Onega – contribution to the history of the Eastern Baltic Basin // Quaternary International. 1995. V. 27. P. 111–120.
- Saarnisto M., Saarinen T. Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the Lake Onego Basin to the Salpausselkä End Moraines // Global and Planetary Change. 2001. V. 31. P. 385–403.

Научное издание

ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО АТЛАС

*Печатается по решению Ученого совета
Института водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН*

Редактор Л.В. Кабанова
Оригинал-макет Е.Е. Насонкова

Сдано в печать 18.11.10 г. Формат 60x84¹/₈. Гарнитура Times.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 16,0. Усл. печ. л. 17,7.
Тираж 500 экз. Изд. № 149. Заказ № 940

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
Петрозаводск, пр. А. Невского, 50